



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO Y DRENAJE MENOR EN EL TRAMO
DE VÍA: FÁBRICA PENSA – BARRIO VILLA CUBA (1.8 KM).**

Para optar al título de Ingeniero Civil.

Autores:

Br. Iveth Maricela Castillo Cadena.

Br. Bernardo José Pérez López.

Tutor:

Ing. Eddie M. González.

Asesor:

Ing. Ilich Parajón.

Managua, diciembre del 2015.

Dedicatoria.

A Dios, por haberme brindado la vida y darme la sabiduría durante mis años de estudio, por haber protegido a mi familia y por habernos colmado de bendiciones.

A mi madre, por darme fortaleza en todo momento, por sus consejos de aliento en los momentos difíciles y sobre todo por llenar mi vida de alegría.

A mi padre, quien me ha apoyado para poder llegar hasta esta instancia de mis estudios, ya que siempre ha estado presente incondicionalmente.

A mi hermana, por ser mi ejemplo de superación por estar siempre junto a mí y sobre todo por la confianza que ha depositado en mí.

Iveth Maricela Castillo Cadena.

Dedicatoria.

A mi Señor Jesús Sacramentado, por iluminarme siempre en mi vida y brindarme la sabiduría y la inteligencia para poder hacer bien las cosas de mi diario vivir, por ser Él, mi fuerza, mi fortaleza y mi refugio.

A la Virgen de Guadalupe madre de Dios y madre nuestra, intercesora ante Dios Padre.

A mi padre, quien a diario se esfuerza por mí, para poder seguir adelante y por brindarme todo su cariño y apoyo.

A mi madre, quien día a día me motiva por ser mejor persona y a ser más responsable en mis obligaciones.

A mi abuela, por consentirme y brindarme consejos de vida y a mi hermano, por ser apoyo en todos mis proyectos.

Bernardo José Pérez López

Agradecimiento.

Agradecemos primero y sobre todo a Dios nuestro Señor, por brindarnos el don maravilloso de la vida y por permitirnos llegar a esta etapa de nuestros estudios, ya que sin él no podemos hacer nada porque todo lo que hacemos es por su infinita ayuda.

A nuestros padres y familiares, que nos brindan su apoyo y nos alientan a seguir siempre adelante, a pesar de que en ciertas ocasiones surgen inconvenientes que nos hacen bajar la autoestima.

A nuestro querido amigo y tutor, el Ingeniero Eddie M. González, por su paciencia para con nosotros, por las explicaciones intensivas que nos da, por estar siempre muy atento y pendiente de nuestro trabajo, por sus consejos de vida, por ser una persona humilde y trabajadora, por instarnos a cumplir y realizar trabajos ordenados, y por toda la información bibliográfica que nos brindó.

A la alcaldía municipal de Estelí, en especial al departamento de obras municipales, a su responsable el arquitecto Wilfredo Rodríguez por recibirnos muy amablemente y brindarnos información necesaria para nuestro trabajo y por apoyarnos en lo que respecta con la topografía, agradecemos al topógrafo Cristóbal Rodríguez por compartir sus conocimientos con nosotros, así mismo agradecemos a la Ing. Hellen Rugama y al Ing. Jairo Saldaña.

Al Ing. Aldo Zamora, por brindarnos material de apoyo para las correcciones de nuestra monografía.

“La humildad es un don de Dios, y día a día tratamos de serlo, sin olvidar nuestras raíces, ni de dónde venimos”.

Iveth Maricela Castillo Cadena.

Bernardo José Pérez López

GLOSARIO.

Adoquines: Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Capa subrasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Cama de Arena: Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

Carpeta: Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente: Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacífica del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (Verano-Invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

Estación sumaria: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado. En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en

períodos de tres (Martes – Miércoles – Jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno.

Estudio de impacto ambiental: Son herramientas para predecir y su objetivo es buscar las relaciones de causalidad entre una actividad de desarrollo y el medio ambiente, medir o estimar los impactos ambientales y sociales que esto significa, y finalmente sugerir medidas para potenciar los efectos positivos y mitigar o eliminar los negativos.

Pavimento: Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Permeabilidad: No es más que la capacidad de ciertos materiales de dejar pasar el agua, a través de sus poros.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

Sub- base: Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de sub-base, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Suelo: Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo constituyen.

Terraplén: Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras.

RESUMEN EJECUTIVO.

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: Diseño de Pavimento Articulado y Drenaje Menor en el tramo de vía: Fábrica PENSA –Barrio Villa Cuba (1.8 km), de la Ciudad de Estelí, empleando el Método de la AASHTO 93.

Este trabajo consta de seis capítulos, donde cada uno aborda un tema específico.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto, como: Introducción, localización del proyecto, antecedentes, justificación, objetivos, marco teórico de algunas definiciones y conceptos básicos.

CAPÍTULO II: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se determinaron las características del terreno a lo largo del tramo en estudio, por medio de los ensayos de laboratorio aplicados a cada una de las muestras extraídas, de acuerdo, a los resultados los materiales que predominan son suelos arcillosos del tipo A-7-5, A-7-6; en cambio el banco de materiales está conformado por por materiales granulares, correspondiente a arenas limosas, que se clasifican del tipo A-2-4. La información necesaria del banco de material disponible cerca de la zona, fue facilitada por la Alcaldía Municipal de Estelí.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO.

Contempla el estudio de tránsito, obtenido mediante un aforo manual en el tramo carretero conociendo así el volumen y composición vehicular. Luego se determinó el tránsito promedio diario anual (TPDA) utilizando los factores de ajustes, posteriormente se analizaron las estadísticas nacionales sobre el Producto Interno

Bruto (PIB), el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y crecimiento Poblacional, para determinar la tasa de crecimiento a utilizar.

CAPÍTULO IV: ESTUDIO HIDROLÓGICO.

El desarrollo de este capítulo comprende un estudio hidrológico, donde se determinó el caudal de diseño de la obra de drenaje vial, que puede ser igualado o excedido a una probabilidad de ocurrencia, lo cual se analizó para un periodo de retorno.

CAPÍTULO V: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

El diseño de la estructura de pavimento se realizó utilizando el método que plantea la AASHTO-93, aplicando criterios de diseño para determinar los diferentes espesores con que estará conformada la estructura de pavimento. En este capítulo se utilizó el Software AASHTO 93, para comparar los cálculos realizados de forma manual con los resultados del programa, con el objetivo de verificar que el diseño cumpla a los esfuerzos que será sometido.

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Comprende un Evaluación de Impacto Ambiental donde se detallan las Normativas y/o leyes que deben cumplirse, luego se describen las acciones impactantes que ocasionaría la construcción del proyecto.

Contenido.

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I: GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1. Introducción..... | 1 |
| 1.2. Localización del proyecto. | 2 |
| 1.2.1. Macro Localización. | 2 |
| 1.2.2. Micro Localización. | 2 |
| 1.3. Antecedentes..... | 3 |
| 1.4. Justificación..... | 4 |
| 1.5. Objetivos. | 5 |
| 1.5.1. Objetivo General. | 5 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos..... | 5 |
| 1.6. Marco teórico..... | 6 |
| 1.6.1. Vialidad..... | 6 |
| 1.6.2. Suelos..... | 6 |
| 1.6.2.1. Ensayes de laboratorio..... | 6 |
| 1.6.2.2. Consideraciones para la Sub- rasante. | 7 |
| 1.6.2.3. Consideraciones para la Sub-Base. | 7 |
| 1.6.2.4. Consideraciones para la Base..... | 8 |
| 1.6.2.5. Consideraciones para la Superficie de Rodamiento..... | 8 |
| 1.6.2.6. Análisis Granulométrico..... | 8 |
| 1.6.2.7. Límites de Atterberg. | 9 |
| 1.6.2.8. Proctor Estándar. | 9 |
| 1.6.2.9. Determinación de la resistencia de los suelos..... | 10 |
| 1.6.2.10. Métodos de clasificación de suelos. | 10 |
| 1.6.2.11. Método de Casagrande modificado..... | 10 |
| 1.6.2.12. Clasificación SUCS. | 11 |
| 1.6.2.13. Método de Terzaghi y Hogentogler. | 11 |
| 1.6.3. Tránsito..... | 12 |
| 1.6.3.1. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)..... | 12 |
| 1.6.3.2. Tasas de Crecimiento..... | 13 |
| 1.6.3.3. Tasas de crecimiento afectadas por las elasticidades..... | 14 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 1.6.3.4. | Tránsito de Diseño. | 14 |
| 1.6.3.5. | Factor de Crecimiento (FC). | 14 |
| 1.6.3.6. | Factor de distribución por sentido (fds). | 15 |
| 1.6.3.7. | Factor por Distribución por Carril (fc). | 15 |
| 1.6.3.8. | Tránsito proyectado. | 15 |
| 1.6.4. | Estudios Hidrológicos. | 15 |
| 1.6.4.1. | Método Racional. | 16 |
| 1.6.4.2. | Caracterización y determinación de los parámetros para el cálculo del caudal por el método racional. | 16 |
| 1.6.4.3. | Delimitación de la Cuenca de drenaje. | 16 |
| 1.6.4.4. | División de la cuenca en sub-cuencas. | 16 |
| 1.6.4.5. | Área. | 16 |
| 1.6.4.6. | Longitud (L). | 17 |
| 1.6.4.7. | Pendiente (Sc). | 17 |
| 1.6.4.8. | Tiempo de Concentración (tc). | 17 |
| 1.6.4.9. | Intensidad Duración Frecuencia (IDF). | 18 |
| 1.6.4.10. | Coeficiente de Escorrentía. | 19 |
| 1.6.4.11. | Caudal (Q). | 19 |
| 1.6.5. | Diseño Hidráulico. | 20 |
| 1.6.5.1. | Cunetas. | 20 |
| 1.6.5.2. | Vados. | 20 |
| 1.6.5.3. | Coeficiente de Manning. | 20 |
| 1.6.6. | Estructura de Pavimento. | 21 |
| 1.6.6.1. | Clasificación de los pavimentos. | 21 |
| 1.6.6.2. | Elementos de la estructura de Pavimento Articulado. | 22 |
| 1.6.6.3. | Método de diseño. | 23 |
| 1.6.6.4. | Variables a considerar en el método de diseño AASHTO 93. | 24 |
| 1.6.6.5. | Serviciabilidad. | 24 |
| 1.6.6.6. | Cálculo de los ejes equivalentes de diseño (ESAL's). | 26 |
| 1.6.6.7. | Confiabilidad (R). | 26 |
| 1.6.6.8. | Desviación estándar. | 26 |

| | |
|--|----|
| 1.6.6.9. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr). | 27 |
| 1.6.6.10. Coeficiente de Drenaje. | 27 |
| 1.6.6.11. Número Estructural Requerido | 28 |
| 1.6.6.12. Determinación de los espesores de capas requeridas. | 28 |
| 1.6.7. Evaluación Ambiental. | 28 |
| RESULTADOS DE ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA. | 29 |
| CAPÍTULO II: ESTUDIO GEOTÉCNICO. | 30 |
| 2.1. Introducción. | 31 |
| 2.2. Proceso del estudio geotécnico. | 31 |
| 2.3. Ensayos de suelo en línea. | 32 |
| 2.4. Resultados de los ensayos. | 32 |
| 2.5. Fuente de materiales. | 35 |
| 2.6. Estabilización del material del banco con cemento. | 36 |
| CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO. | 38 |
| 3.1. Introducción. | 39 |
| 3.2. Proceso del estudio de tránsito. | 39 |
| 3.2.1. Recopilación de datos. | 40 |
| 3.2.2. Hoja de Campo. | 40 |
| 3.3. Resultados de los conteos vehiculares. | 40 |
| 3.3.1. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDi). | 40 |
| 3.3.2. Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). | 42 |
| 3.3.3. Clasificación vehicular promedio. | 43 |
| 3.3.4. Análisis de la información obtenida. | 44 |
| 3.3.5. Tasas de crecimiento. | 44 |
| 3.3.5.1. Determinación de la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB). | 44 |
| 3.3.5.2. Tasas de crecimiento vehicular. | 46 |
| 3.3.5.3. Tasa de Crecimiento Poblacional. | 47 |
| 3.3.5.4. Correlaciones para encontrar tasa de crecimiento a usar. | 48 |
| 3.3.6. Proyección del tránsito. | 51 |
| 3.3.6.1. Periodo de Diseño (n). | 51 |

| | |
|--|----|
| 3.3.7. Proyección del tránsito (TD)..... | 52 |
| 3.3.8. Factor de crecimiento (fc). | 52 |
| 3.3.9. Factores de distribución de dirección (FD)..... | 52 |
| 3.3.10. Factor de distribución por carril (Fc). | 52 |
| 3.3.11. Estimación del tránsito de diseño. | 53 |
| CAPÍTULO IV: ESTUDIO HIDROLÓGICO..... | 54 |
| 4.1. Introducción..... | 55 |
| 4.2. Metodología..... | 56 |
| 4.2.1. Caracterización y determinación de los parámetros para el cálculo del caudal por el método racional. | 56 |
| 4.2.1.1. Límites de la Cuenca de drenaje..... | 56 |
| 4.2.1.2. División de la cuenca en sub-cuencas. | 56 |
| 4.2.1.3. Intensidad Duración Frecuencia (IDF)..... | 56 |
| 4.2.1.4. Período de Retorno. | 58 |
| 4.2.1.5. Caudal (Q)..... | 58 |
| 4.2.1.6. Coeficiente de Escorrentía. | 59 |
| 4.2.1.7. Hidrograma Triangular Sintético..... | 60 |
| 4.2.2. Diseño Hidráulico..... | 68 |
| 4.2.2.1. Cunetas. | 68 |
| 4.2.2.2. Vados..... | 74 |
| 4.2.2.3. Coeficiente de Rugosidad (n). | 77 |
| CAPÍTULO V: DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO. | 78 |
| 5.1. Introducción..... | 79 |
| 5.2. Método de diseño..... | 79 |
| 5.3. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93. | 80 |
| 5.3.1. Serviciabilidad..... | 80 |
| 5.3.2. Número Estructural asumido..... | 80 |
| 5.3.2.1. Factor de daño (LEF): | 81 |
| 5.3.3. Cálculo de los ejes equivalentes de diseño (ESAL´s)..... | 81 |
| 5.3.4. Confiabilidad (R). | 82 |
| 5.3.5. Desviación estándar. | 82 |

| | |
|--|----|
| 5.4. Propiedades de los materiales. | 83 |
| 5.4.1. CBR de la Subrasante. | 83 |
| 5.4.1.1. Selección del CBR de diseño. | 83 |
| 5.4.2. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr). | 84 |
| 5.5. Coeficiente de drenaje. | 84 |
| 5.6. Coeficientes de las capas estructurales. | 85 |
| 5.6.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a_1 | 85 |
| 5.6.2. Coeficiente estructural para base estabilizada con cemento a_2 | 85 |
| 5.6.3. Coeficiente estructural para sub- base a_3 | 86 |
| 5.7. Determinación de espesores y números estructurales aportados. | 86 |
| 5.7.1. Número Estructural Calculado. | 86 |
| 5.7.2. Determinación de los espesores de la estructura de pavimento. | 86 |
| 5.7.2.1. Espesor de la carpeta de rodamiento. | 87 |
| 5.7.2.2. Espesor de la base estabilizada. | 87 |
| 5.7.2.3. Espesor de la sub-base. | 88 |
| 5.7.3. Espesores de la estructura de pavimento. | 90 |
| CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN AMBIENTAL. | 92 |
| 6.1. Introducción. | 93 |
| 6.2. Marco legal del proyecto. | 93 |
| 6.2.1. Leyes constitucionales. | 94 |
| 6.2.1.1. Constitución Política de Nicaragua y sus reformas. | 94 |
| 6.2.1.2. Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. | 94 |
| 6.2.1.3. Ley de Municipios. | 95 |
| 6.2.1.4. Ley Especial para el uso de Bancos de Materiales Selectos para el Aprovechamiento en la Infraestructura, Ley 730. | 95 |
| 6.2.1.5. Ley de aguas nacionales, Ley 620. | 95 |
| 6.2.2. Decretos Ejecutivos. | 96 |
| 6.2.2.1. Sistema de Evaluación Ambiental, Decreto No. 76-2006. | 96 |
| 6.2.2.2. Reglamento de la Ley Especial para el Uso de Bancos de Materiales Selectos para el Aprovechamiento en la Infraestructura Ley No. 730. Decreto No. 18-2011. | 97 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.2.3. Reglamento de la Ley 620 “Ley General de Aguas Nacionales”. Decreto No. 44-2010..... | 97 |
| 6.2.3. Normativas..... | 98 |
| 6.2.3.1. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 12 001-00. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes "NIC-2000" | 98 |
| 6.2.3.2. Norma Técnica Ambiental para el Aprovechamiento de los Bancos de Material de Préstamo para la Construcción, NTON 05 016 2002. | 98 |
| 6.2.3.3. Norma técnica obligatoria nicaragüense ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos, NTON 05 014-02..... | 98 |
| 6.2.3.4. Norma técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos, NTON No. 05 015-02..... | 99 |
| 6.3. Descripción del proyecto. | 99 |
| 6.3.1. Aspectos Generales..... | 99 |
| 6.3.1.1. Limpieza Inicial..... | 99 |
| 6.3.1.2. Movimiento de tierra..... | 100 |
| 6.3.1.3. Drenaje Menor..... | 100 |
| 6.3.1.4. Explotación del Banco de Materiales..... | 100 |
| 6.3.2. Etapa de construcción..... | 100 |
| 6.3.2.1. Requerimientos Energéticos. | 100 |
| 6.3.2.2. Maquinarias y Equipos para el proyecto..... | 100 |
| 6.4. Área de influencia del proyecto. | 101 |
| 6.4.1. Medio abiótico..... | 101 |
| 6.4.1.1. Suelos. | 101 |
| 6.4.1.2. Topografía y Relieve. | 101 |
| 6.4.1.3. Temperatura, precipitación, velocidad y dirección predominante del viento..... | 101 |
| 6.4.2. Medio Biótico. | 101 |
| 6.4.2.1. Descripción Flora y Fauna..... | 101 |
| 6.4.2.2. Medio Socioeconómico. | 102 |
| 6.5. Calidad ambiental del área de influencia del proyecto. | 102 |
| 6.5.1. Límites del Área de Influencia..... | 102 |

| | |
|--|-----|
| 6.5.1.1. Área Directamente Afectada. | 102 |
| 6.5.1.2. Área de Influencia Directa. | 102 |
| 6.5.1.3. Área de Influencia Indirecta..... | 103 |
| 6.6. Manejo y disposición de desechos sólidos. | 103 |
| 6.6.1. Desechos Sólidos. | 103 |
| 6.6.1.1. Tipo y cantidad. | 103 |
| 6.6.1.2. Manejo y Disposición de Desechos Sólidos. | 103 |
| 6.6.2. Desechos Líquidos y Gaseosos..... | 103 |
| 6.6.2.1. Tipo y Cantidad. | 103 |
| 6.6.2.2. Manejo y Disposición final. | 104 |
| 6.7. Identificación, Predicción y Evaluación de los Impactos Ambientales. | 104 |
| 6.7.1. Metodología para la Evaluación de Impactos. | 104 |
| 6.7.1.1. Descripción de los Problemas de Drenaje en el Tramo..... | 105 |
| 6.7.1.2. Identificación y valoración de los impactos ambientales. | 105 |
| 6.7.1.3. Matriz para Valoración de Atributos Ambientales. | 108 |
| Conclusiones..... | 114 |
| Recomendaciones..... | 117 |
| Bibliografía. | 119 |

Anexos

Anexo I. Estudio Geotécnico.

Anexo II. Estudio de Tráfico.

Anexo III. Estudio Hidrológico.

Anexo IV. Diseño de Pavimento Articulado.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

1.1. Introducción.

La carretera Fábrica PENSA – Barrio Villa Cuba, es la principal vía de comunicación hacia este proyecto habitacional. Se encuentra en una zona densamente poblada, de considerable economía, que se caracteriza por sus terrenos ondulados con pendientes moderadas.

En esta monografía se detallan los procedimientos para el diseño de pavimento del tramo en estudio, fue preciso realizar un análisis de la problemática en la zona evaluando el desarrollo poblacional y tasas de crecimiento del transporte.

En el diseño del pavimento se utiliza el manual Centroamericano para el diseño de pavimentos (SIECA), cumpliendo con los criterios y especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC, 2000), aplicando los principios fundamentales propuestos por el método de la AASHTO 93.

Todo esto incluye estudios básicos de ingeniería (estudio de tránsito, estudio de suelos, estudio hidrológico) y criterios de diseño para determinar la capacidad portante del suelo, según su naturaleza geotécnica sobre el cual se va a construir, hasta determinar el correcto diseño de espesores garantizando que la vía ofrezca una mayor funcionalidad y nivel de servicio adecuado, así como para realizar el diseño hidráulico de las obras de drenaje menor (cunetas y vados) que tendrán la función de drenar el agua de la vía aumentando su vida útil.

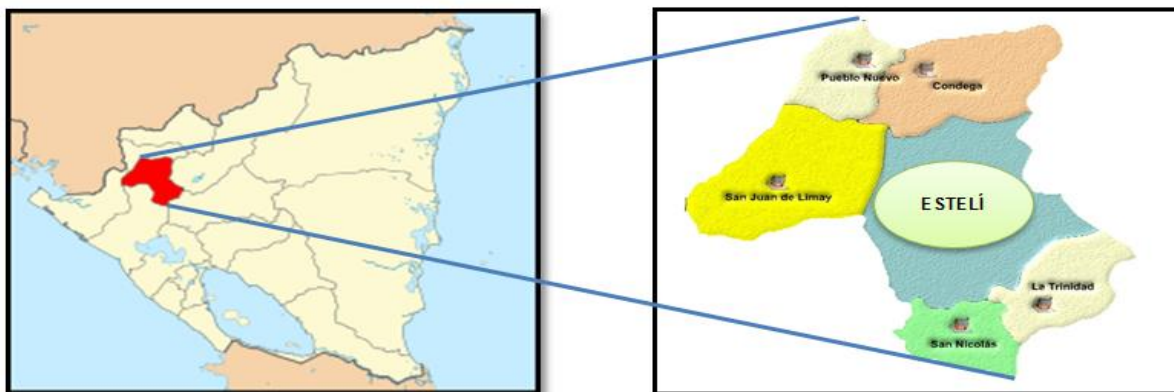
Se elabora una evaluación ambiental del proyecto, para determinar los impactos tanto negativos como positivos que este tendrá sobre la naturaleza.

1.2. Localización del proyecto.

1.2.1. Macro Localización.

El proyecto se encuentra localizado al norte de Nicaragua, en el departamento de Estelí.

Figura N° 1. Macro localización del proyecto.

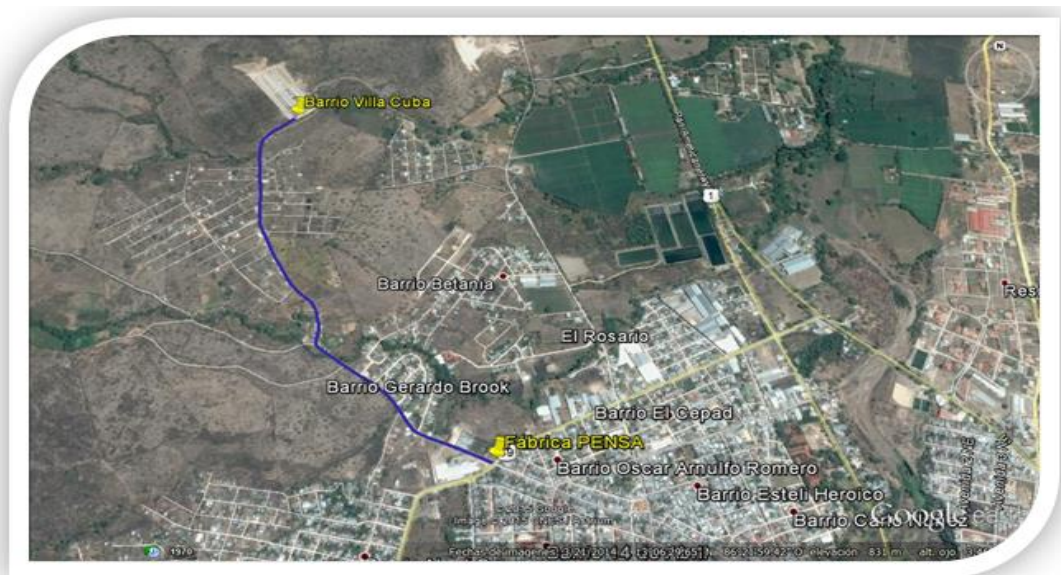


Fuente: INETER.

1.2.2. Micro Localización.

El tramo de diseño se encuentra localizado al noroeste de la ciudad de Estelí, dando inicio en la Fábrica de Tabacos PENSA en el barrio el Rosario y finalizando en el proyecto habitacional Villa Cuba.

Figura N° 2. Micro localización del proyecto.



Fuente: Google Earth.

1.3. Antecedentes.

La vía de comunicación que existe desde la Ciudad de Estelí hasta el proyecto habitacional Villa Cuba, Barrio Villa Sandino y Barrio Gerardo Brooks; se originó a inicios del año 2010 debido al crecimiento poblacional y el aumento del flujo vehicular en dichos barrios.

Con el transcurso del tiempo se han presentado afectaciones en la vía, los daños más visibles son baches, desgaste de la superficie y fisuras longitudinales, estas causadas por su falta de serviciabilidad afectando gravemente el tránsito en la zona.

La carretera donde se pretende realizar el diseño se halla en un crítico estado de deterioro y cada año, en la temporada de lluvias es seriamente afectada dejando muchas veces incomunicados a los habitantes del barrio Villa Cuba, lo cual provoca que durante esta época solo sea transitada mediante el uso de equinos y vehículos de doble tracción como medio de transporte.

Según el Arquitecto Wilfredo Rodríguez¹, en el año 2011 se realizaron trabajos de mantenimiento vial y mejoramiento con revestimiento de material selecto como respuesta a las demandas de los afectados, posteriormente después de estos trabajos en las épocas de invierno se vuelve a encontrar en el camino puntos dañados nuevamente.

La alternativa para dar solución a las dificultades antes mencionadas que viven los pobladores, es realizar el diseño de la estructura de pavimento con adoquines, así como, las obras de drenaje menor garantizando un adecuado acceso hacia el sector y por ende mejorar su condición de vida.

¹ Director de Obras Municipales de la Alcaldía de Estelí.

1.4. Justificación.

El gobierno dedica fondos públicos al mejoramiento de carreteras porque estas benefician a la sociedad, ya sea a toda o bien una parte. Un buen sistema vial eleva el nivel de toda la economía proporcionando un transporte adecuado, hacen más sencillas la prestación de servicios de emergencia tales como la policía, los bomberos, atenciones médicas, servicios escolares etc. Además una infraestructura vial beneficia a cada uno de los pobladores, debido a que, un sencillo acceso hace su propiedad más valiosa elevando su calidad de vida.

El nuevo proyecto habitacional conocido como Villa Cuba ubicado al noroeste de la ciudad de Estelí, no cuenta con una vía de acceso idónea debido al mal estado en que se encuentra el tramo que comunica este barrio con el resto de la ciudad, dado que actualmente no cuenta con un sistema de drenaje menor que colecte el agua de lluvia y lo evacue correctamente, por tanto genera resultados como erosión y socavaciones a lo largo del tramo.

Gran parte de la población de esa zona son obreros de las empresas tabacaleras situadas en la Ciudad de Estelí, y a diario necesitan de la vía para llegar a sus lugares de trabajo, pero toman demasiado tiempo de recorrido por el servicio de transporte colectivo desde sus hogares hasta su lugar de destino y sufren la negativa de transporte privado de ingresar a la zona.

Con la ejecución de este proyecto los beneficiarios directos serán los barrios Villa Cuba, Villa Sandino y Gerardo Brooks con un total de 6,000 habitantes e indirectamente se beneficiará a los que habitan en las zonas adyacentes del tramo, previendo el continuo crecimiento urbano y económico de la zona.

Es por eso que con este trabajo, se pretende dar solución a dichos problemas proponiendo el diseño de pavimento articulado y obras de drenaje menor correspondiente, garantizando una carretera que ofrezca un nivel de servicio adecuado.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar 1.8 kilómetros de Pavimento Articulado y obras de drenaje menor en el tramo de vía Fábrica PENSA - Barrio Villa Cuba, en la ciudad de Estelí.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio geotécnico a lo largo de la vía para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo esenciales para el diseño de la estructura de pavimento.
- Realizar un estudio de tráfico que muestre los tipos de vehículos que circulan por el tramo y la frecuencia con que lo hacen, para determinar las cargas que actuarán sobre la estructura de pavimento.
- Realizar un estudio hidrológico de las sub-cuencas del sitio para la evaluación y diseño de obras de drenaje menor.
- Determinar los espesores para la estructura de pavimento articulado aplicando el método de la AASHTO 93.
- Realizar una evaluación ambiental del proyecto.

1.6. Marco teórico.

1.6.1. Vialidad

La infraestructura vial es el medio a través del cual se le otorga conectividad terrestre a un país, para el transporte de personas y de cargas, permitiendo realizar actividades productivas, de servicios, de distracción y turísticas. Las vías constituyen una pieza clave e indispensable para el desenvolvimiento de la economía y desarrollo productivo del país. De esta forma, se dota de la accesibilidad e interconectividad terrestre necesarias para el sistema de centros poblados, zonas rurales y territorios en su conjunto e integridad, potenciando y planificando bajo un modelo de desarrollo territorial que se proyecte hacia el desarrollo sustentable y en armonía con el medio ambiente.

1.6.2. Suelos.

En la ingeniería de pavimentos se considera que un suelo es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden separarse por medios mecánicos comunes. Toda construcción debe estar sustentada en los respectivos estudios de ingeniería, con el fin de obtener proyectos técnicos, óptimos, seguros y que garanticen la durabilidad para el periodo de diseño de la estructura. (AASHTO, 93).

1.6.2.1. Ensayes de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio son utilizados para caracterizar a los suelos encontrados en las áreas o sitios de estudio, por lo que con el objeto de determinar las propiedades físicas de cada suelo muestreado fue necesario efectuar varias pruebas. A continuación se hace mención de los materiales y características a ser utilizados en el suelo de fundación del pavimento y en las diferentes capas que componen la estructura.

1.6.2.2. Consideraciones para la Sub- rasante.

Este material para ser usado como capa de mejoramiento estructural debe cumplir con un valor de soporte CBR mínimo de 12%, se tiene que compactar el 95% del Proctor Estándar, garantizando así un buen material de fundación para el paquete estructural.

Es muy importante que en este proceso se garantice una compactación adecuada a través de una apropiada energía de compactación, la humedad óptima y la densidad final deseada, garantizando de esta manera un suelo rentable de fundación para el pavimento a colocarse.

1.6.2.3. Consideraciones para la Sub-Base.

Esta se puede definir como aquella capa que se coloca por debajo de la capa base y está alejada de las cargas que resiste directamente la capa de rodamiento, no se requieren materiales de gran resistencia como los de la capa base, por lo que su módulo de elasticidad es menor. Debe de cumplir las especificaciones de la tabla siguiente:

Tabla N° 1. Especificaciones de los materiales para la Sub – base.

| N° | Propiedad | Limites | Norma de Prueba |
|----|-------------------------|--|------------------------|
| 1 | Límite líquido | 25% Máx. | AASHTO T-89 |
| 2 | Limite Plástico | 6% Máx. | AASHTO T-90 |
| 3 | C.B.R | 40% Mín. | AASHTO T-193 |
| 4 | Desgaste de los Ángeles | 50% Máx. | AASHTO T-96 |
| 5 | Intemperismo Acelerado | 12% Máx. | AASHTO T-104 |
| 6 | Compactación | 95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado | AASHTO T-191 y/o T-238 |

Fuente: Especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

1.6.2.4. Consideraciones para la Base.

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas se requiere materiales de gran calidad y resistencia.

Por lo tanto, los módulos de elasticidad de estas capas son altos para poder absorber gran parte de los esfuerzos y distribuirlos a las capas inferiores en una magnitud tal que estos esfuerzos puedan ser resistidos por los materiales de menor calidad como lo es la capa de sub-base y de subrasante. Por lo tanto deben de cumplir las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 2. Especificaciones de materiales empleados en una base granular.

| N° | Propiedad | Limites | Norma de Prueba |
|----|-------------------------|---|------------------------|
| 1 | Límite líquido | 25% Máx. | AASHTO T-89 |
| 2 | Límite plástico | 6% Máx. | AASHTO T-90 |
| 3 | C.B.R | 80% Mín. | AASHTO T-193 |
| 4 | Desgaste de los Ángeles | 50% Máx. | AASHTO T-96 |
| 5 | Intemperismo Acelerado | 12% Máx. | AASHTO T-104 |
| 6 | Compactación | 95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba PROCTOR modificado. | AASHTO T-191 y/o T-238 |

Fuente: Especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (b)

1.6.2.5. Consideraciones para la Superficie de Rodamiento.

Para la superficie de rodamiento se utilizarán adoquines de concreto del llamado tipo tráfico, los cuales serán fabricados para una resistencia a la compresión a los 28 días igual a 3500 psi.

1.6.2.6. Análisis Granulométrico.

El análisis granulométrico es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas de suelos. Para separar por tamaños se utilizaron las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas.

1.6.2.7. Límites de Atterberg.

Límite líquido: Es el mayor contenido de humedad que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico a líquido. El límite líquido, de un suelo plástico indica el contenido de agua para el suelo tiene una cierta consistencia, con una resistencia al corte de 2.5 gr/cm.²

Límite plástico: Es la frontera entre el estado plástico y semi sólido del suelo. Para los suelos gruesos la propiedad más importante es la granulometría y para los suelos finos son los límites de Atterberg.

Índice de Plasticidad: El Índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico o Índice el grado de contenido de humedad en el cual el suelo permanece en estado plástico antes de cambiar el estado líquido. Está expresado por la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP$$

Ecuación N° 1.

Dónde:

IP: índice de plasticidad.

LL: límite líquido.

LP: límite plástico.

1.6.2.8. Proctor Estándar.

Consiste en compactar el suelo en tres capas dentro de un molde de dimensiones y forma determinadas, a cada capa se le compacta con 25 golpes por medio de un pistón, que se deja caer libremente desde una altura específica. Con los ensayos se pretende determinar cuál es la humedad que se requiere para conseguir con una energía de compactación la densidad seca máxima que puede tener dicho terreno.

1.6.2.9. Determinación de la resistencia de los suelos.

El ensaye de resistencia más utilizado en el medio es el CBR (Relación California de Soporte) AASHTO T-193 (ASTM D-1883), para caracterizar el valor soporte de los suelos como material de fundación de carreteras o para ser utilizados como material de sub-base o base. El CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas y se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra patrón (piedra partida). La expresión que define al CBR, es la siguiente:

Ecuación N° 2.

$$\text{CBR} = \left(\frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria del patrón}} \right) * 100(\%)$$

1.6.2.10. Métodos de clasificación de suelos.

Existen múltiples sistemas de clasificación de suelos. Para los propósitos de este trabajo se usaron los sistemas de Casagrande modificado, que es la más racional y completa. Junto a esta se usó la clasificación AASHTO de uso más directo en el diseño de carreteras, caminos y calles.

1.6.2.11. Método de Casagrande modificado.

El sistema de Casagrande de 1942 es un sistema genérico de clasificación que fue usado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos durante la segunda guerra mundial. Diez años más tarde y a la vista de la gran utilidad del sistema para el diseño de obras en ingeniería civil, fue modificado por la oficina de reclamaciones del gobierno norteamericano naciendo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

1.6.2.12. Clasificación SUCS.

La clasificación es basada en las propiedades de plasticidad y en la distribución del tamaño de grano, según esta última, el sistema divide el suelo en dos grandes categorías (**Ver Anexo I, Tabla N° 32, Pág. I**).

Suelos de grano grueso: son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

Suelos de grano fino: Son los suelos en los cuales en 50% o más pasa la malla No.200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación (**Ver Anexo I, Tabla N° 33, Pág. II**).

- W: bien graduado.
- P: mal graduado.
- L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50).
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

1.6.2.13. Método de Terzaghi y Hogentogler.

Por su parte la Clasificación de AASHTO, desarrollada por Terzaghi y Hogentogler para la oficina de caminos públicos de los Estados Unidos, es una de las más populares y usadas en el diseño de carreteras. Se inspiró en el método de Casagrande y para reflejar las propiedades de un suelo sus variables de entrada son la granulometría y plasticidad.

Este método clasifica los suelos, de acuerdo a su composición granulométrica, su límite líquido y su índice de plasticidad, en siete grupos de A-1 a A-7. Los suelos cuyas partículas pasan el tamiz No. 200 (0,075 mm) en un porcentaje menor al 35 %, forman los Grupos A1, A2, A3 y los sub-grupos que corresponden. En cambio los suelos finos limo-arcillosos que contienen más del 35 % de material fino que pasa el Tamiz N°. 200, constituyen los Grupos A-4, A-5, A-6, A-7 y los correspondientes subgrupos. Se puede evaluar la calidad del suelo a través del “Índice de Grupo”.

Los suelos que tienen similar comportamiento, se encuentran en el mismo grupo y están representados por un determinado Índice. Los índices de grupo de los materiales granulares están comprendidos entre 0 y 4, los correspondientes a suelos limosos entre 8 y 12, y los correspondientes a suelos arcillosos entre 11 y 20 ó un número mayor. Para los suelos gruesos la propiedad más importante es la granulometría y para los suelos finos son los límites de Atterberg. **(Ver Anexo I, Tabla N° 34, Pág. III).**

1.6.3. Tránsito.

El tránsito es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento de un pavimento, por consiguiente es necesario conocer el número y tipo de vehículos que circulan por una vía por medio de aforos (conteos vehiculares), ubicados en el tramo a estudiar para determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causen los pavimentos. En el Método AASHTO, los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil.

1.6.3.1. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Es la unidad de medida habitual para indicar el uso o importancia de una carretera y se expresa en número de vehículos. En todo estudio de tránsito se deben de llegar a obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) a partir de censos o conteos de tránsito en el lugar de la futura construcción (si existe la ruta o va ser pavimentada o re-pavimentada) o si es totalmente nueva mediante censos de

tránsito en lugares próximos. También es necesario conocer las tasas de crecimiento de tránsito, así como la distribución por dirección y si se trata de un camino de varios carriles, la distribución por carril. Para calcular el tráfico promedio diario anual, se determina con la siguiente expresión matemática:

$$TPDA = TD_{12H} * FD * FT$$

Ecuación N° 3.

Dónde:

TD₁₂: Tráfico promedio diario 12 horas.

Fd: Factor día.

Ft: Factor temporada.

1.6.3.2. Tasas de Crecimiento.

Las tasas de crecimiento interanual se calculan usando la siguiente ecuación:

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n+1}} \right) - 1 \right] * 100$$

Ecuación N° 4.

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n-1: Año anterior.

A partir de las series históricas del PIB, TPDA y Población se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la siguiente expresión:

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

Ecuación N° 5.

Dónde:

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Anual.

TPDA_o: Tráfico Promedio Diario Anual del año base.

N: La diferencia de años.

1.6.3.3. Tasas de crecimiento afectadas por las elasticidades.

Para conocer el valor de las tasas de crecimiento promedio deben afectarse por las elasticidades correspondientes, en este caso, PIB, TPDA y Población de la siguiente manera:

$$TC = TC * Elasticidad$$

Ecuación N° 6.

1.6.3.4. Tránsito de Diseño.

El tránsito de diseño es el número de vehículos estimados que circularan anualmente por esta vía en el año final del periodo de diseño. Para convertir el volumen de tráfico obtenidos de los conteos se usara un tránsito de diseño (TD), el cual se obtiene a partir de la información básica suministrada por el transito promedio diario anual (TPDA), el factor de crecimiento (FC), factor de distribución (FD) y factor carril (fc). Se calcula haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$T_D = TPDA * F_C * F_D * f_c * 365$$

Ecuación N° 7.

Dónde:

T_D: Tránsito de diseño.

TPDA: Tránsito promedio diario del año base.

F_C: Factor crecimiento.

F_D: Factor de distribución.

f_c: Factor Carril.

365: Constante equivalente a la estimación de los 365 días del año.

1.6.3.5. Factor de Crecimiento (FC).

Es un factor que toma en cuenta la variación del volumen de tránsito en el período de diseño considerado, y se utiliza para determinar las cargas equivalentes acumuladas. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{[(1 + i)^n - 1]}{i}$$

Ecuación N° 8.

Dónde:

F_c: Factor crecimiento.

i: Tasa de crecimiento vehicular en decimales.

n: Período de diseño.

1.6.3.6. Factor de distribución por sentido (fds).

El factor de distribución por sentido (fds) permite cuantificar la fracción del total del tránsito que circulará en el sentido de diseño.

1.6.3.7. Factor por Distribución por Carril (fc).

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de 2 carriles, cualquiera de los 2 puede ser el camino de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril.

1.6.3.8. Tránsito proyectado.

Los volúmenes de tránsito futuro, para efecto de proyecto se derivan a partir del tránsito actual y del incremento del tránsito, esperando al final del periodo o año meta seleccionado.

1.6.4. Estudios Hidrológicos.

Permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. El estudio hidrológico se divide según el tamaño: método para cuencas menores y cuencas medianas. (Bervis, 2004).

1.6.4.1. Método Racional.

El método utilizado para determinar el caudal del diseño de una cuenca pequeña, es el método racional presentado por Emil Kuichling en 1889 y mejorado posteriormente por otros. (MTI, 2008).

Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración (T_c).

1.6.4.2. Caracterización y determinación de los parámetros para el cálculo del caudal por el método racional.

1.6.4.3. Delimitación de la Cuenca de drenaje.

Se delimita la cuenca estableciendo como punto de control o de cierre el que corresponde al sitio de interés de acuerdo al propósito del estudio, o sea la ubicación del puente o la alcantarilla.

1.6.4.4. División de la cuenca en sub-cuencas.

El tamaño de la sub-cuenca está determinado por las limitaciones del método racional que se aplica en cuencas cuya área de aportación es menor de 500 Ha (5.0 km^2). Cada sub-cuenca tiene su punto de control o de cierre. Para cada sub-cuenca se determinaron las características hidrometeorológicas que se describen a continuación:

1.6.4.5. Área.

Se calcula el área para cada sub-cuenca a partir de fórmulas matemáticas.

1.6.4.6. Longitud (L).

Es la distancia partiendo del punto más remoto hasta el punto de control.

1.6.4.7. Pendiente (Sc).

Es la pendiente del fondo del cauce principal, se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$S_c = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L} \quad \text{\underline{Ecuación N° 9.}}$$

Dónde:

Sc: Pendiente en m/m.

Hmáx: Elevación máxima de la sub-cuenca.

Hmín: Elevación mínima de la sub-cuenca.

L: Longitud.

1.6.4.8. Tiempo de Concentración (tc).

Se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica. Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$t_c = 0.0041 \left[\frac{3.28 L}{\sqrt{S_c}} \right] \quad \text{\underline{Ecuación N° 10.}}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud máxima en metros.

S: Pendiente media del terreno.

1.6.4.9. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

El método tradicional para estimar la precipitación que se debe considerar en el diseño consiste en analizar los datos disponibles en las estaciones meteorológicas próximas a la cuenca que se analiza. En estudios para relacionar datos de lluvias con caudales, se requiere desarrollar relaciones entre intensidades de lluvias, la duración de la misma con la frecuencia de ocurrencia. Esta ecuación tiene la forma:

$$I = \frac{A}{(T_c + d)^b} \quad \text{Ecuación N° 11.}$$

Dónde:

I: Intensidad de lluvia en mm/h.

T, d y b: son coeficientes que se determinan por mínimos cuadrados con los datos de intensidades de lluvias proporcionados por INETER².

Los diversos procedimientos de estimación de la precipitación máxima probable no están normalizados, ya que varían principalmente con la cantidad y calidad de los datos disponibles; además, cambian con el tamaño de la cuenca, su emplazamiento y su topografía, con los tipos de temporales que producen las precipitaciones extremas y con el clima. Los métodos de estimación de fácil y rápida aplicación son los empíricos y el estadístico.

Aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comúnmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. En este proyecto los resultados se evalúan en función de la distribución de Gumbel.

$$F(x) = e^{-x - \left(\frac{x-u}{\alpha}\right)} \quad \text{Ecuación N° 12.}$$

² Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

1.6.4.10. Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía C, transforma la lámina de agua en el caudal pico y su valor depende de elementos como el tipo de suelo, cubierta de suelo, pendiente del terreno y otros factores de menor incidencia (**Ver Anexo III, Tabla N° 41, Pág. XIII**). Estos valores se estiman por inspección directa en el campo y complementados por medio de mapas cartográficos. Se determina con la siguiente ecuación:

$$C = U_s * T_s * P_t \quad \text{Ecuación N° 13.}$$

Dónde:

Us: uso del suelo.

Ts: tipo de suelo.

Pt: pendiente del terreno en %

.

1.6.4.11. Caudal (Q).

Considerando las dimensiones de la cuenca, se usó el Método Racional el cual tiene una base sencilla y lógica que consiste en que el caudal de escorrentía es una proporción del agua de lluvia. Para este estudio, se considerará que las áreas de drenaje menores de 3.0 km², corresponden a cuencas pequeñas, tal como se ha indica en la Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales. El caudal pico³ Q de cada cuenca o superficie se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q = 0.2778 * C * I * A \quad \text{Ecuación N° 14.}$$

Dónde:

Q: Caudal en m³/s.

C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca o superficie drenada, es adimensional.

I: Intensidad media de precipitación en mm/h correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual a tiempo de concentración.

A: Área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km².

³ Ministerio de Transporte e Infraestructura; Manual para Revisión Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Menor, pág. 36.

1.6.5. Diseño Hidráulico.

El principal objetivo del diseño hidráulico es el dimensionamiento de las obras de drenaje, tales como, cunetas y vados en lo referente al ancho, longitudes y profundidades, el encauzamiento de la corriente y la protección de la vía contra la socavación.

1.6.5.1. Cunetas.

Son canales de drenaje generalmente de sección triangular y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a cada lado de la calzada incluyendo hombros; para el revestimiento puede usarse: piedra bolón unida con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefabricados.

Sus dimensiones se fijan de acuerdo a los cálculos hidrológicos realizados sobre el área de drenaje delimitada, pendiente longitudinal, generalmente paralela a la de la corona de la carretera, intensidad de lluvia de la zona para un tiempo de retorno previamente establecido, con esa información y cálculo se obtendrá el caudal pico de diseño y las dimensiones de la estructura a construir.

1.6.5.2. Vados.

Es un canal de cielo abierto que se construye sobre el lecho de una corriente que atraviesa el camino, se recomienda su construcción cuando los tirantes de agua son de poca altura y tiempos de concentración de lluvias de poco tiempo para evitar retrasos en el movimiento del tránsito vehicular y peatones.

1.6.5.3. Coeficiente de Manning.

Para el cálculo de la velocidad y del caudal en un canal con régimen hidráulico uniforme se puede emplear la fórmula de Manning, expresada de la siguiente manera:

$$Q = V * A$$

Ecuación N° 15.

$$V = \frac{\sqrt{S}}{n} * Rh^{2/3}$$

Ecuación N° 16.

$$Rh = \frac{A}{P}$$

Ecuación N° 17.

Dónde:

Q: caudal m³/s.

V: velocidad media, m/s.

A: área de la sección transversal húmeda, m².

P: perímetro mojado, m.

Rh: radio hidráulico, m.

S: pendiente longitudinal, m/m.

n: coeficiente de rugosidad de Manning.

1.6.6. Estructura de Pavimento.

El pavimento es la estructura esencial de una vía constituida por capas superpuestas, generalmente horizontales denominadas sub rasante, sub base, base y carpeta de rodamiento; con el fin de resistir adecuadamente las cargas al terreno.

1.6.6.1. Clasificación de los pavimentos.

Los pavimentos se clasifican en:

Pavimentos Flexibles: Este tipo de pavimento está formado por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base.

Pavimentos Semi-Rígidos: Guarda básicamente la misma estructura de un Pavimento Flexible, una de las capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos.

Pavimentos Rígidos: Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido.

Pavimento articulado o de adoquines: Está compuesto por pequeños bloques prefabricados, normalmente de concreto, que se denominan en nuestro medio como adoquines; se asientan sobre un colchón de arena soportado por una capa de sub-base o directamente sobre la sub-rasante. Su diseño, como todo pavimento, debe estar de acuerdo con la capacidad de soporte de la subrasante para prevenir su deformación.

1.6.6.2. Elementos de la estructura de Pavimento Articulado.

Sub Rasante: Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

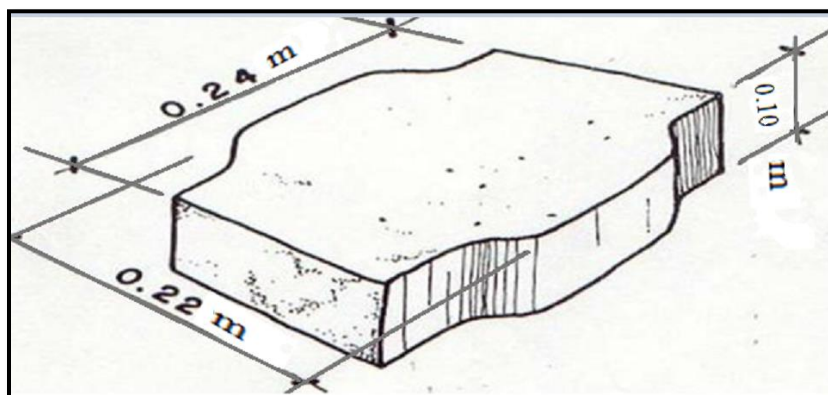
Sub Base: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento.

Base: Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Capa de Arena: Se usarán arenas naturales de río, arenas volcánicas o minerales, debiendo estar libres de arcillas, materia orgánica o cualquier otro material que pudiera interferir con el drenaje del agua proveniente de la superficie.

Adoquines: Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado. El adoquín no tiene forma definida esto dependerá de la estética que el ingeniero diseñador le quiera dar a su proyecto, el espesor dependerá del tipo de tránsito que se frecuente en esa área. Se puede utilizar cualquier forma para fabricar los adoquines, aunque se recomiendan las dimensiones presentadas en la figura; por razones de facilidad de construcción, uniformidad de diseño y porque se utiliza un solo tipo de molde.

Figura N° 3: Adoquín típico.



Su forma es tal que impide el deslizamiento entre un adoquín y otro; la sisa se llena de arena fina o arena, para evitar filtraciones, y de esta forma se evita que se quiebren y desportillen entre ellos; por consiguiente, no se necesitan mezclas ni ligante entre adoquines.

Sello de Arena: Los adoquines se colocarán directamente sobre la arena, de manera que la junta entre ellos no exceda los 5 milímetros. La arena de sello entre juntas de adoquines puede ser, de la misma usada para su lecho, cribada por el tamiz N° 8.

1.6.6.3. Método de diseño.

El método de la AASHTO 93, contempla la implementación de modelos matemáticos donde se involucran variables que condicionan el desarrollo de estos.

Es el más usado y cuenta con dos técnicas de diseño para estructuras de pavimento: rígido y flexible. En el caso de pavimentos articulados, la AASHTO 93 recomienda usar en principio los mismos criterios de diseño utilizados para el diseño de pavimento flexible.

La ecuación de diseño es:

Ecuación N° 18.

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1,094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32$$

$$\log_{10} M_R - 8.07$$

Dónde:

W₁₈: Número de aplicaciones de cargas previstas de 18Kips (80KN) previstas.

Z_R: Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

S_o: Desvío estándar de todas las variables.

ΔPSI: Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

M_R: Módulo resiliente de la sub-rasante (psi).

SN: Número estructural.

1.6.6.4. Variables a considerar en el método de diseño AASHTO 93.

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

1.6.6.5. Serviciabilidad.

La Serviciabilidad es la calidad de servicio al tráfico de una sección del pavimento en un momento específico. Su determinación se puede realizar mediante el Índice

de Serviciabilidad Presente (PSI), que se basa en la rugosidad (aspereza) del pavimento y las condiciones de deterioro.

La pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar.

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \textbf{Ecuación N° 19.}$$

Dónde:

ΔPSI : diferencia entre los índices de servicio inicial y final deseados.

P_o : índice de servicio inicial.

P_t : índice de servicio terminal.

La serviciabilidad de un pavimento es afectada cuando hay un cambio o pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, por tanto para el diseño se necesita definir la serviciabilidad inicial (P_o) y la serviciabilidad final (P_t), para poder determinar la pérdida total en el Índice de serviciabilidad presente (ΔPSI). La serviciabilidad inicial (P_o) es en función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La serviciabilidad final o terminal (P_t) es función de la categoría del camino, es adoptada en base a esto y al criterio del proyectista. Valores recomendados por la AASHTO, a continuación:

Serviciabilidad inicial:

$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos.

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles.

Serviciabilidad final:

$P_t = 2.5$ ó más para caminos muy importantes.

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor.

1.6.6.6. Cálculo de los ejes equivalentes de diseño (ESAL's).

ESAL por sus siglas en inglés Equivalent Simple Axle Load, es la sumatoria del número de repeticiones de carga equivalentes a 8.2 toneladas, 18 kips ó 18, 000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento.

El eje equivalente ESAL ó W_{18} , se calcula conociendo el tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (LEF), como se presenta a continuación:

$$W_{18} = T_D * LEF \quad \text{Ecuación N° 20.}$$

(T_D): Tránsito de diseño.

LEF: Factor equivalente de carga.

1.6.6.7. Confiabilidad (R).

Es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso. (AASHTO 93).

Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasará más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores. Por el contrario, un nivel de confiabilidad bajo da pavimentos más económicos, pero con un mayor costo de mantenimiento.

1.6.6.8. Desviación estándar.

Una vez seleccionada el nivel de confiabilidad, se debe considerar el valor del error estándar combinado (S_o), representativo de las condiciones locales. Este valor representa la desviación estándar conjunta, es decir, el número de ejes que puede soportar un pavimento hasta que su índice de serviciabilidad descienda por debajo de un determinado P_t .

En el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

| | |
|---------------------------|-------------|
| Para pavimentos flexibles | 0.40 – 0.50 |
| En construcción nueva | 0.35 – 0.40 |
| En sobre – capas | 0.50 |

1.6.6.9. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr).

La base para la caracterización de los materiales de sub-rasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR. Para determinar el valor del módulo de Resiliencia se hace en función de los valores del CBR, dichas consideraciones se presentan a continuación:

Valores de CBR

| | | |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| CBR < 10 % | $Mr = 1,500 * CBR$ | <u>Ecuación N° 21,</u> |
| CBR > 10 % | $Mr = 4,326 * \ln(CBR) + 241$ | <u>Ecuación N° 22.</u> |

Las correlaciones antes descritas solo son aplicables al material de la capa de la subrasante, ya que no se usan para materiales granulares que se consideran emplear en las capas de base y sub base.

1.6.6.10. Coeficiente de Drenaje.

La humedad tiene una gran influencia sobre las propiedades de los materiales que constituyen el paquete estructural y sobre el comportamiento de los pavimentos en general. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de

tránsito y cargas, podrían anticipar con el tiempo daños a la estructura del pavimento.

1.6.6.11. Número Estructural Requerido

El SN^4 es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación dada de soporte del suelo (M_R), del tránsito total (W_{18}) y de la serviciabilidad terminal (p_t).

1.6.6.12. Determinación de los espesores de capas requeridas.

Para obtener los espesores de las capas del pavimento; la superficie de rodamiento o carpeta y la base de suelo estabilizada con cemento, la ecuación de diseño es la siguiente:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{Ecuación N° 23.}$$

a_1 y a_2 : coeficientes de capa representativos de carpeta y base respectivamente.

SN : Número estructural calculado.

a_1 : Coeficiente de carpeta de adoquín.

a_2 : Coeficiente de base de suelo- cemento.

D_1 : Espesor del adoquín⁵ (10 cm).

D_2 : Espesor de la base.

m_2 : Coeficiente de drenaje.

1.6.7. Evaluación Ambiental.

La evaluación del impacto ambiental es el proceso de determinación de impactos ambientales ocasionados por las diversas actividades de un proyecto. Estos pueden ser positivos o negativos y de diferente importancia y magnitud. El objetivo último de esta evaluación consiste en el desarrollo de un plan de gestión que

⁴ SN: Número estructural.

⁵ Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, sección 7.3.3 (SIECA).

permita prevenir, controlar, eliminar o mitigar los impactos negativos identificados, y maximizar los positivos.

RESULTADOS DE ESTUDIOS
BÁSICOS DE INGENIERÍA.

CAPÍTULO II: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

2.1. Introducción.

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las propiedades de los suelos, como para el correcto diseño de la estructura de pavimento. Estas propiedades siempre estarán presentes aunque cambien mediante tratamientos especiales tales como estabilización, compactación, etc.

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación efectuada a lo largo del tramo que comunica Fábrica Pensa – Barrio Villa Cuba, con el propósito de evaluar las características de los materiales que lo conforman y contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores a colocar a lo largo de la vía.

En el estudio geotécnico, los aspectos a considerar son las especificaciones de los materiales que integran el pavimento articulado, análisis de los sondeos de línea del sector en estudio y las propiedades de materiales del banco de préstamo cercano al sitio.

2.2. Proceso del estudio geotécnico.

Con el propósito de conocer las condiciones y características del sub- suelo, a lo largo del tramo en estudio, se realizaron sondeos efectuados de forma manual obteniendo muestras alteradas consideradas así debido a su modo de extracción.

El estudio de campo fue realizado en el mes de marzo del año 2015 que básicamente comprendieron, la exploración y muestreo tanto de suelos y materiales que conforman la plataforma existente de la carretera.

2.3. Ensayos de suelo en línea.

Los sondeos realizados fueron ubicados de forma alterna de derecha e izquierda en la línea central de la plataforma existente de la carretera; el espaciamiento entre sondeos fue de 225 metros y la profundidad máxima de exploración fue de 1.50 metros, habiéndose realizado un total de 9 sondeos, obteniéndose un total de 26 muestras representativas de los suelos y materiales existente en el camino.

Las muestras adquiridas de los sondeos fueron identificadas de forma preliminar en el campo por medio de procedimientos rutinarios de vista y tacto principalmente. En base a los resultados preliminares obtenidos, se agruparon las muestras de iguales características o propiedades, obteniéndose finalmente un total de dieciocho (18) muestras representativas de los suelos y materiales existentes en 1.8 km en estudio. Luego se trasladaron al laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) para realizarle los ensayos básicos necesarios.

Tabla N° 3. Sondeos efectuados a lo largo del tramo.

| Sondeo N° | Ubicación |
|------------------|------------------|
| Sm - 1 | 0 + 000 |
| Sm - 2 | 0 + 225 |
| Sm - 3 | 0 + 450 |
| Sm - 4 | 0 + 675 |
| Sm - 5 | 0 + 900 |
| Sm - 6 | 1 + 125 |
| Sm - 7 | 1 + 350 |
| Sm - 8 | 1 + 575 |
| Sm - 9 | 1 + 800 |

Fuente: Elaboración Propia.

2.4. Resultados de los ensayos.

Los resultados que se presentan a continuación, son producto de los ensayos realizados descritos con anterioridad en este capítulo, los métodos usados en dicho ensayos fueron tomados de la guía de laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería – FTC con orientación del personal técnico del

laboratorio de suelos “Ing. Julio Padilla M.” Todos los suelos en estudio se clasificaron por el sistema AASHTO⁶ y por el sistema SUCS⁷ **(Ver anexo I, Tabla N° 36, Pág. V).**

Los suelos encontrados a lo largo de la carretera presentan las siguientes características:

En los sondeos N°4 muestra 1, sondeo N° 8, sondeo N° 9, se encuentran suelos de grava limosa con arena (GM), arena limosa con grava (SM), arena arcillosa con grava (SC), grava mal graduada con limo con arena (GP GM); con clasificación A-2-7 con índices de grupo que varía de 0 – 2, de color café y tonalidades grises. Estos suelos poseen índice de plasticidad de 11.01 hasta 20.45. Las partículas que pasan el tamiz $\frac{3}{4}$ ” es de 90% a 93%; el tamiz N°4 entre 54% y 74% y el tamiz N° 200 de 10 a 35%. La humedad óptima de compactación es de 12.60% con peso volumétrico seco de 1,900 kg/m³. Los resultados de los ensayos CBR de estos suelos son 20%, 36%, 52%, muestras compactadas al 90%, 95% y 100% respectivamente.

En los sondeos 1 muestra 2, en el sondeo N°4 muestra 2, sondeo 5 muestra 1, sondeo 6 muestra 2, sondeo 7 muestra 1, subyacen suelos de limos con grava (ML), grava limosa con arena (GM), limo elástico con grava (MH); con clasificación de grupo A-4 (0), A-5 con índices de grupo entre 0 y 6. Estos suelos tienen índice de plasticidad entre 2.27 y 4.78, sus partículas pasan de 83 – 91% el tamiz N° $\frac{3}{4}$ ”, entre 44 y 68% el tamiz N° 4 y el tamiz N° 200 de 38% a 63%. La humedad óptima de compactación es de 17% con peso volumétrico suelto de 1,587 kg/m³. Los resultados de CBR de estos suelos son 16%, 24%, 32% muestras compactadas al 90%, 95% y 100% respectivamente.

⁶ AASHTO: Asociación de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte de Estados Unidos.

⁷ SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

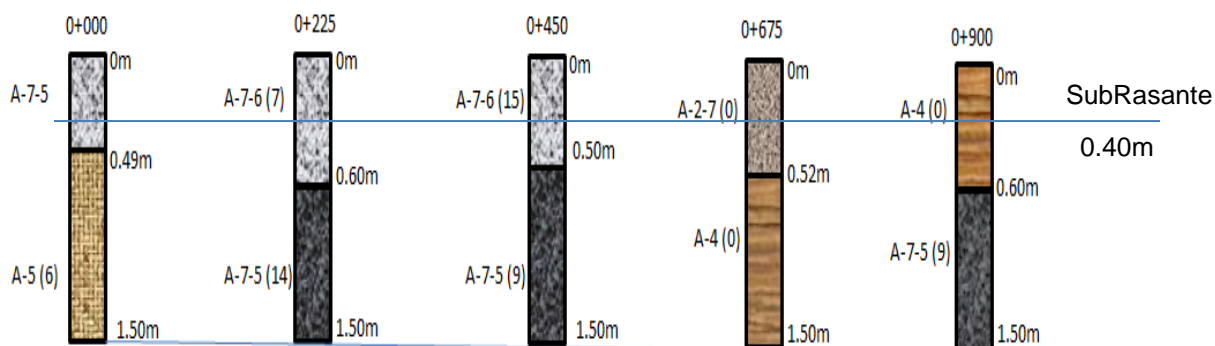
En los sondeos N°1 muestra 1, sondeo N°2, sondeo N°3, sondeo 5 muestra 2, sondeo 6 muestra 1, sondeo 7 muestra 2, presentan características de arcillas con grava (CL), arcillas arenosas con grava (CH), grava arcillosa con arena (GC), limo elástico tipo grava (MH); con clasificación de grupo A-7-5 con índices de grupos entre 5 y 16, A-7-6 con índices de grupo 7 y 15. Estos suelos presentan índices de plasticidad entre 14.48 y 29.5, las partículas que pasan el tamiz $\frac{3}{4}$ " varían entre 90% y 91%, el tamiz N° 4 de 54% a 74% y el tamiz N°200 de 10 a 35%. La humedad óptima de compactación es de 23.30% con peso volumétrico seco de 1,360 kg/m³. Los resultados de CBR de estos suelos son de 4%, 6% y 11% muestras compactadas al 90%, 95% y 100% respectivamente.

Tabla N° 4. Resultado de CBR, del tramo Fábrica Pensa – Barrio Villa Cuba.

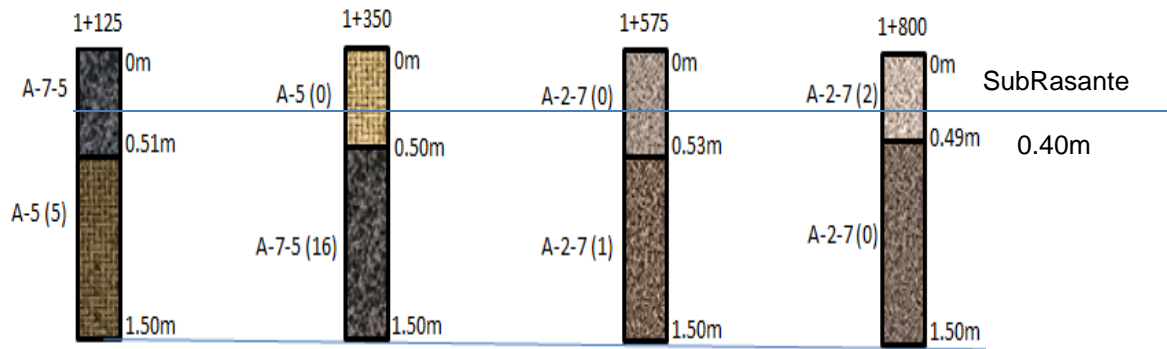
| N° grupo | Nombre | Tipo de Suelo | Valor CBR % | | | Hinchamiento % | | | PVS kg/m ³ | Humedad óptima |
|----------|------------------------------|---------------|-------------|-----|------|----------------|------|------|-----------------------|----------------|
| | | | 90% | 95% | 100% | 90% | 95% | 100% | | |
| 1 | Grava arena limosa arcillosa | A-2-7 | 20 | 36 | 52 | 0.16 | 0.11 | 0.09 | 1900 | 12.60% |
| 2 | Suelos limosos | A-4, A-5 | 16 | 24 | 32 | 0.55 | 0.43 | 0.35 | 1587 | 17% |
| 3 | Suelos arcillosos | A-7-5, A-7-6 | 4 | 6 | 11 | 1.89 | 1.77 | 1.67 | 1360 | 23.30% |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 4. Perfil estratigráfico.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

2.5. Fuente de materiales.

La única fuente más cercana a la zona del proyecto es el **Banco de Material “El Diamante”** como ya se había mencionado con anterioridad, la información fue obtenida gracias a la colaboración de la Alcaldía Municipal de Estelí. A esta fuente de materiales se le tomó una muestra para ser evaluada obteniendo los siguientes resultados:

La muestra de suelo, de esta fuente de materiales, corresponde a un material con predominio de fracción gruesa, el cual está constituido por arenas limosas, de color café. En el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se clasifica del tipo SM. Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, se clasifica del tipo A-2-4, con índice de grupo de cero. Sus partículas pasan 100% el tamiz N° 4, 84% el tamiz N° 10, 56% el tamiz N° 40 y 33% el tamiz N° 200 (**Ver Anexo I, Figura N° 24, Pág. VI**).

La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. El valor de soporte CBR es de 39.6%, peso volumétrico seco suelto de 1,070 kg/m³ y el factor de abundamiento (F.A) es de 1.328.

Tabla N° 5. Resultados de la fuente de materiales El Diamante.

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION LABORATORIO DE MATERIALES Y SUELOS "ING. JULIO PADILLA M." | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|----|------|----|------|-----|------|------|-------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| Resultados de Ensayes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de Fuente de Materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PVSS (Kg/m²) | PVSC (Kg/m²) | Densidad Seca Máxima (Kg/m²) | Humedad Optima (%) | Ensaye C.B.R. (%) | % Que Pasa cada Tamiz | | | | | | | | | LL (%) | IP (%) | Clasificación | |
| | | | | | 1 ½" | 1" | 3/4" | ½" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº200 | | | SUCS | AASHTO |
| | | | Fuente de Materiales "Banco de Materiales El Diamante N°1 (Suelo)" | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,070 | 1,301 | 1,421 | 19.7 | 39.6 | | | | | | 100 | 84 | 56 | 33 | -- | NP | SM | A-2-4 (0) |
| Abundamiento = 32.8% Factor de Abundamiento (Fa) = 1.328 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observación: LL : Límite Líquido IP : Índice Plástico NP : Suelo No Plástico PVSS : Peso Volumétrico Seco Suelto PVSC : Peso Volumétrico Seco Compacto | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

El material del banco accesible no cumple con la sección 1003.23 II b. de la NIC - 2000⁸ que indica, que para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo y para sub-base 40% mínimo; pero sí cumple con los parámetros de bases estabilizadas con cemento o cal en la sección 1003.23 II d. de la NIC- 2000, que indica un CBR mínimo de 30%.

2.6. Estabilización del material del banco con cemento.

Para estabilizar el material de banco se deben mejorar las propiedades del material con cemento Portland, con una dosificación del 4.3%⁹ (**Ver Anexo I, Figura N° 25, Pág. VI**) referido a la densidad máxima seca del material. Para obtener una resistencia última a la compresión de al menos 298.95 Psi, 1800KN /m² o 21 Kg/cm² medidas después de 7 días de curado.

⁸ NIC 2000: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

⁹ Manual centroamericano para el diseño de pavimentos, Capítulo 5, Pág. 99.

Tabla N° 6. Resultados de los materiales del banco de material estabilizados con Cemento (Resistencia en Kg/cm²).

| Nombre del Banco | Cantidades de cemento | Peso Volumétrico Seco Suelto | Resistencia a la compresión (7 días de edad) |
|------------------|-----------------------|------------------------------|--|
| El Diamante | % | (kg/m ³) | (kg/cm ²) |
| | 3 | 1,070 | 15.7 |
| | 5 | 1,070 | 23.8 |
| | 7 | 1,080 | 28.8 |

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO.

3.1. Introducción.

El estudio de tránsito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño de pavimentos, por consiguiente, al realizar los análisis del tránsito, nos permite conocer el volumen y composición vehicular, por medio de aforos (conteos Vehiculares), ubicados en el tramo a estudiar, los cuales darán como resultado, el peso y la cantidad de ejes equivalentes que harán efecto negativo sobre la estructura de pavimento.

En este capítulo se dan a conocer los datos de tránsito, para el diseño de pavimento semiflexible y las consideraciones para el cálculo del tránsito de carril de diseño. Toda esta información permitirá determinar el espesor de pavimento que se requiere para soportar las cargas (Ejes equivalentes) que producirán dicho tránsito, considerando el periodo de diseño propuesto.

3.2. Proceso del estudio de tránsito.

En esta metodología se detallan los procedimientos que se utilizaron en los estudios de campo desarrollados durante el estudio de tráfico.

- ❖ **Recopilación de datos:** En esta etapa se realizó un aforo manual vehicular, los materiales y personal para llevar a cabo este aforo fueron los siguientes: tabla típica para la realización de aforo o conteo vehicular, cronómetro, lápiz, dos personas.
- ❖ **Procesamiento de datos:** esta es la fase de trabajo de gabinete en la cual se aplicaron los diferentes métodos para obtener los mejores resultados.
- ❖ **Análisis de la información obtenida:** Es el proceso mediante el cual se hace uso de los criterios para comprender de mejor manera los resultados obtenidos del aforo vehicular.

3.2.1. Recopilación de datos.

Para determinar de forma precisa el comportamiento vehicular del tramo en estudio, se realizó un aforo manual durante el periodo del 12 al 18 de enero del año 2015 durante una semana, doce horas diarias (6:00 am – 6:00 pm), con un cambio de cada 5 minutos, lo que permitió obtener el volumen del tránsito de la vía en estudio.

El conteo se realizó en la estación 0+100, ubicada sobre la vía en estudio frente a la fábrica de tabacos PENSA de la ciudad de Estelí.

3.2.2. Hoja de Campo.

El aforo vehicular se realizó por medio del formato que aparece en el Anuario de Aforos de Tráfico emitido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), donde se especifican los datos generales referentes al sitio donde se realizó el conteo: Nombre de la estación, sentido, fecha y nombre del aforador. Y contiene unos cuadros conformados de columnas correspondientes a las diferentes categorías de vehículos de la clasificación de tránsito nacional. **(Ver anexo II, tabla N° 37, Pág. VIII).**

3.3. Resultados de los conteos vehiculares.

3.3.1. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDi).

Para la cuantificación del tránsito promedio diurno, se realizó un aforo vehicular, con un período de 12 horas continuas por día. Los resultados del tránsito en ambos sentidos se presentan a continuación:

Tabla N° 7. Resumen semanal por tipología vehículo de 12 horas.

| RESUMEN SEMANAL DE 12 HRS POR TIPO DE VEHICULO, AMBOS SENTIDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|--------------------|-----------|------------|----------------------|-------------|------------|------------------|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|-----------------|
| Días | Motos | Vehículos livianos | | | Pesados de pasajeros | | | Pesados de Carga | | | | | | | Otros | Veh. Pesados | | Total (veh/12h) |
| | | Autos | Jeep | Camioneta | McBus < 15 P | McBus > 15P | Bus | C2. LIV | C2. 5+T | C3 | C4 | T3S2 | T3S3 | C2R2 | | V.A | V.C | |
| Lunes | 55 | 65 | 18 | 124 | 22 | 11 | 48 | 41 | 56 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 455 |
| Martes | 46 | 59 | 14 | 135 | 12 | 8 | 43 | 37 | 42 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 421 |
| Miércoles | 45 | 55 | 10 | 122 | 7 | 9 | 48 | 37 | 38 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 385 |
| Jueves | 58 | 48 | 16 | 138 | 10 | 7 | 45 | 38 | 51 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 429 |
| Viernes | 62 | 66 | 9 | 124 | 8 | 6 | 46 | 24 | 62 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 426 |
| Sábado | 37 | 67 | 8 | 118 | 7 | 1 | 28 | 32 | 52 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 368 |
| Domingo | 35 | 63 | 9 | 115 | 3 | 4 | 26 | 52 | 38 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 366 |
| Total | 338 | 423 | 84 | 876 | 69 | 46 | 284 | 261 | 339 | 130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2850 |
| TPDi | 49 | 61 | 12 | 126 | 10 | 7 | 41 | 38 | 49 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 412 |

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Para obtener los factores de ajuste (Tabla N° 8), se revisaron los anuarios de tráfico emitidos por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Encontrando los factores de ajuste para el tramo Estelí - Rodeo Grande únicamente en el anuario de tráfico del año 2009.

El TPDA se obtuvo en base a los resultados del Tránsito promedio diurno, dichos valores fueron modificados por factores de ajuste, obtenidos a partir de la estación sumaria N° 121 Estelí – Rodeo Grande¹⁰. La decisión de utilizar los datos de la estación sumaria, se tomó considerando la relevancia que posee el tránsito y los factores de ajuste que se acoplarán al tramo de diseño; que por la similitud entre ambas vías se puede representar de forma más razonable el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Tabla N° 8. Factores de ajustes para el tramo: Estelí- Rodeo Grande.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|-------------------------------|-------|-------|--------|----------|--------|--------------------|---------|-----------|---------|--------|--------|---------------------|-------------|---------------|-------|--------|-------|--|--------|--|---------|--|
| Camino: NN-39 | Estación: 121 | Tramo: Estellí - Rodeo Grande | | | | | | Periodo L | Días: 3 | Horas: 12 | Mes/Año | Enero | Mar | Martes | Km: 154.000 | | | | | | | | | |
| Grupos | Motos | Vehículos de Pasajeros | | | | | | Vehículos de Carga | | | | | | | | Equipo Pesado | | | Total | | | | | |
| | | Autos | Jeep | Cam. | McBus | MnBus | Bus | Liv. | C2 | C3 | Tx-Sx | Tx-Sx | Cx-Rx | Cx-Rx | V.A. | V.C. | Otros | | | | | | | |
| | | | | | <15 s. | 15-30 s. | 30+ s. | 2-5 t. | 5+ t. | | <=4 e. | >=5 e. | <=4 e. | >=5 e. | | | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | | | | | | | |
| TP(D) | 5 | 2 | 5 | 9 | | | | 3 | 3 | | | | | | | | | 27 | | | | | | |
| Factor Día | 1.24 | 1.28 | 1.27 | 1.29 | 1.26 | 1.27 | 1.16 | 1.36 | 1.43 | 1.46 | 1.00 | 1.56 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.25 | | | | | | | |
| Factor Semana | 0.98 | 1.03 | 0.98 | 0.93 | 1.03 | 1.17 | 0.99 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 1.00 | 0.93 | 1.00 | 1.00 | 0.81 | 1.00 | 0.92 | | | | | | | |
| Fac. Temporada | 0.99 | 0.97 | 0.93 | 0.94 | 0.91 | 0.92 | 1.00 | 0.88 | 0.92 | 0.87 | 1.00 | 0.91 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.00 | 0.87 | | | | | | | |
| TPD Verano | 6 | 3 | 6 | 10 | | | | 3 | 3 | | | | | | | | | 31 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % TPDA | 19.23 | 8.25 | 18.45 | 32.78 | | | | 10.18 | 11.11 | | | | | | | | | 100.00 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehículos Livianos | | | | | | | 78.70% | | | | | | | % Vehículos Pesados | | | | | | | 21.30% | | 100.00% | |

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2009), Pág. 212.

Para calcular el Tránsito Promedio Diario Anual, en la (Tabla N° 9), se utilizó la ecuación N° 3, página N° 13.

¹⁰ Establecido por guía tutor.

Tabla N° 9. Resultados obtenidos del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) aplicando los factores de ajustes.

| Grupos | Motos | Autos | Jeep | Cam. | Mc.Bus <15 s. | MnBus 15 - 30 s. | Bus 30 + s. | Liviano 2 - 5 t. | C2 | C3 | TxSx ≤ 4 e. | TxSx ≥ 5 e. | CxRx ≤ 4 e. | CxRx ≤ 5 e. | V.A | V.C | Otros | Total | | | | |
|-------------------------|-------|-------|------|-------|------------------|------------------------|----------------|---------------------|-------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------|---------------------|--------|--------|--|--|---------|
| Tráfico 12 hr | 49 | 61 | 12 | 126 | 10 | 7 | 41 | 38 | 49 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 412 | | | | |
| Factor día | 1.24 | 1.28 | 1.27 | 1.29 | 1.26 | 1.27 | 1.16 | 1.36 | 1.43 | 1.46 | 1.00 | 1.56 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.25 | | | | | |
| Fac. temporada | 0.99 | 0.97 | 0.93 | 0.94 | 0.91 | 0.92 | 1.00 | 0.88 | 0.92 | 0.87 | 1.00 | 0.91 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.00 | 0.87 | | | | | |
| TPDA: TD 12 H * Fd * Ft | 60 | 76 | 14 | 153 | 11 | 8 | 48 | 45 | 64 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 504 | | | | |
| % TPDA | 11.93 | 15.02 | 2.81 | 30.31 | 2.27 | 1.62 | 9.43 | 9.02 | 12.79 | 4.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | | | |
| % Vehiculos livianos | | | | | | | 63.97% | | | | | | | | | | % Vehiculos pesados | | 36.03% | | | 100.00% |

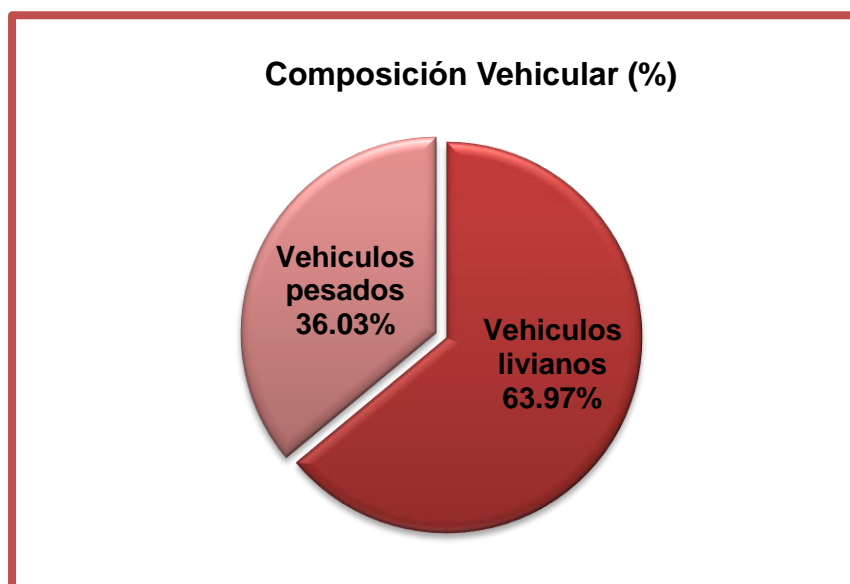
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior para encontrar el TPDA, no se afecta por el factor semana debido a que el aforo se realizó durante los 7 días de la semana.

3.3.3. Clasificación vehicular promedio.

De acuerdo a los resultados de clasificación vehicular y los resultados de expansión, **(tabla N° 9)** se procede a determinar la composición vehicular, la cual indica que el 63.97% del tráfico corresponde a vehículos de pasajeros, el 36.03% corresponde a vehículos de carga como se muestra en el siguiente diagrama:

Figura N° 5. Composición Vehicular Promedio.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Análisis de la información obtenida.

3.3.5. Tasas de crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro en el tramo Fábrica PENSA – Barrio Villa Cuba, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y el Producto Interno Bruto (PIB). Se han tomado los datos históricos del TPDA de la Estación sumaria 121: correspondiente al tramo Estelí – Rodeo Grande.

3.3.5.1. Determinación de la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo de la información disponible en el Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla donde se aprecia el comportamiento histórico del Producto Interno Bruto (PIB), desde el año 2000 al año 2011. Las tasas de crecimiento interanual las calculamos usando la **ecuación N° 4, página N°13**.

Sustituyendo valores en la ecuación N° 4, se obtiene la tasa de crecimiento interanual para el año 2000 al año 2001 de 2.96% como se muestra a continuación:

$$TC = \left[\left(\frac{27,877.40}{27,075.70} \right) - 1 \right] * 100$$

TC = 2.96% para el año 2000 al 2001.

De igual forma se calcularon los valores siguientes para la tasa de crecimiento hasta llegar al año 2011. Según los anuarios históricos del Banco Central de Nicaragua (BCN) desde el año 2000 hasta 2011, el crecimiento promedio del PIB, fue de 3.09%, según el comportamiento de los datos analizados mostrados a continuación:

Tabla N° 10. Evolución histórica del PIB.

| Producto Interno Bruto (PIB en millones de córdobas C\$) | | |
|---|---------------------------|--------------|
| Año | PIB (millones C\$) | TC |
| 2000 | 27,075.70 | |
| 2001 | 27,877.40 | 2.96% |
| 2002 | 28,087.50 | 0.75% |
| 2003 | 28,795.50 | 2.52% |
| 2004 | 30,325.20 | 5.31% |
| 2005 | 31,623.90 | 4.28% |
| 2006 | 32,936.90 | 4.15% |
| 2007 | 33,951.70 | 3.08% |
| 2008 | 34,888.70 | 2.76% |
| 2009 | 34,563.40 | -0.93% |
| 2010 | 36,112.00 | 4.48% |
| 2011 | 37,792.80 | 4.65% |
| Promedio (2000-2011) | | 3.09% |

Fuente: Anuario Estadístico Banco Central de Nicaragua (año 2011, Pág. 2).

3.3.5.2. Tasas de crecimiento vehicular.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio.

Para calcular la tasa de crecimiento vehicular, se analizan los estudios de registros históricos del año 2000 al 2011 de la estaciones más cercana al tramo en estudio; encontrando la estación sumaria N° 121 que corresponde al tramo Estelí – Rodeo Grande, con una tasa de crecimiento de 6.06% y la estación de control N°142, la cual corresponde al tramo de Santa Cruz - Estelí con una tasa de crecimiento del 13.68%.

Tabla N° 11. Tasa Anual de Crecimiento (TAC) y Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) por estación.

| Estación 107 | | | Estación 142 | | Estación 121 | |
|--------------|--|--------------|--|---------------|---|---------------|
| Año | TPDA Est-P. Sébaco - Emp. San Isidro | TAC | TPDA Est - C. Santa Cruz - Estelí. | TAC | TPDA EST -S. Estelí - Rodeo Grande. | TAC |
| 2000 | 2,905.00 | | | | | |
| 2001 | 3,122.00 | 7.47% | 2,252.00 | | | |
| 2002 | 3,272.00 | 4.80% | 2,329.00 | 3.42% | | |
| 2003 | 3,428.00 | 4.77% | | | 33.00 | |
| 2004 | 3,622.00 | 5.66% | 1,893.00 | -18.72% | | |
| 2005 | 3,405.00 | -5.99% | | | | |
| 2006 | 3,849.00 | 13.04% | 3,182.00 | 68.09% | | -6.06% |
| 2007 | 3,853.00 | 0.10% | | | | |
| 2008 | 4,092.00 | 6.20% | 3,884.00 | 22.06% | | |
| 2009 | 4,101.00 | 0.22% | | | 31.00 | |
| 2010 | 4,334.00 | 5.68% | 3,633.00 | -6.46% | | |
| 2011 | 4,517.00 | 4.22% | | | | |
| | | 4.20% | | 13.68% | | -6.06% |

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Anuario de Aforos de tráfico.

A consecuencia de que las tasas son muy variables y no representan una tendencia adecuada con falta de continuidad en sus registros del TPDA, por tal motivo se tuvo que analizar los registros de la estación permanente N°107 que corresponde al tramo Sébaco – Empalme San Isidro, obteniendo una tasa de crecimiento promedio de 4.20%. Las tasas de crecimiento anual, se calculan usando la **(Ecuación N°4, Pág. 13)**, por ejemplo para la estación permanente 107, sustituyendo valores en dicha ecuación se obtiene una tasa de crecimiento vehicular interanual del año 2000 al año 2001 de 7.47%.

$$TAC = \left[\left(\frac{3,122.00}{2,905.00} \right) - 1 \right] * 100 = 7.47\%$$

De igual forma se calculan los valores siguientes para la tasa de crecimiento hasta llegar al año 2011.

3.3.5.3. Tasa de Crecimiento Poblacional.

La tasa de crecimiento poblacional se analiza con base a los resultados del Censo Nacional de Población 2011 y publicadas por el Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE). Las tasas de crecimiento poblacional interanual se calculan usando la **(Ecuación N° 4, Pág. 13)**, la cual se tiene por ejemplo para el año 2000 a 2001, se calculó una tasa actual de crecimiento de 1.49% como se muestra a continuación.

$$TAC = \left[\left(\frac{5,174.00}{5,098.00} \right) - 1 \right] * 100 = 1.49\%$$

A partir del año base 2000 al año 2011, se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 1.55%, como se muestra de forma detallada en la **(Tabla N° 12)**.

Tabla N° 12. Tasa de crecimiento poblacional.

| Población en miles (Años 2000 - 2011) | | |
|--|--------------------------|--------------|
| Año | Población (miles) | TAC |
| 2000 | 5,098.00 | |
| 2001 | 5,173.90 | 1.49% |
| 2002 | 5,224.70 | 0.98% |
| 2003 | 5,312.70 | 1.68% |
| 2004 | 5,830.50 | 9.75% |
| 2005 | 5,450.40 | -6.52% |
| 2006 | 5,638.00 | 3.44% |
| 2007 | 5,707.90 | 1.24% |
| 2008 | 5,778.80 | 1.24% |
| 2009 | 5,850.50 | 1.24% |
| 2010 | 5,923.10 | 1.24% |
| 2011 | 5,996.60 | 1.24% |
| Promedio (2000-2011) | | 1.55% |

Fuente: Anuario Estadístico INIDE (año 2011, Pág. 2).

3.3.5.4. Correlaciones para encontrar tasa de crecimiento a usar.

Para realizar las correlaciones es preciso tener los registros históricos del Producto Interno Bruto (PIB), Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y Población como se muestra en la **tabla N° 13**.

Tabla N° 13. Registros históricos del PIB, TPDA y Población.

| Año | PIB (millones C\$) | TPDA Est-P. Sébaco - Emp. San Isidro | Población (miles) |
|-------------|---------------------------|---|--------------------------|
| 2000 | 27,075.70 | 2,905.00 | 5,098.00 |
| 2001 | 27,877.40 | 3,122.00 | 5,173.90 |
| 2002 | 28,087.50 | 3,272.00 | 5,224.70 |
| 2003 | 28,795.50 | 3,428.00 | 5,312.70 |
| 2004 | 30,325.20 | 3,622.00 | 5,830.50 |
| 2005 | 31,623.90 | 3,405.00 | 5,450.40 |
| 2006 | 32,936.90 | 3,849.00 | 5,638.00 |
| 2007 | 33,951.70 | 3,853.00 | 5,707.90 |
| 2008 | 34,888.70 | 4,092.00 | 5,778.80 |
| 2009 | 34,563.40 | 4,101.00 | 5,850.50 |
| 2010 | 36,112.00 | 4,334.00 | 5,923.10 |
| 2011 | 37,792.80 | 4,517.00 | 5,996.60 |

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estas series históricas, se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la expresión matemática **N°5, página N° 13**.

$$TC_{PIB} = \left[\left(\frac{37,792.80}{27,075.70} \right)^{1/12} - 1 \right] * 100 = 2.82\%$$

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{4,517.00}{2,905.00} \right)^{1/12} - 1 \right] * 100 = 3.75\%$$

$$TC_{POB} = \left[\left(\frac{5,996.60}{5,098.00} \right)^{1/12} - 1 \right] * 100 = 1.36\%$$

Obteniendo los resultados de la tabla siguientes.

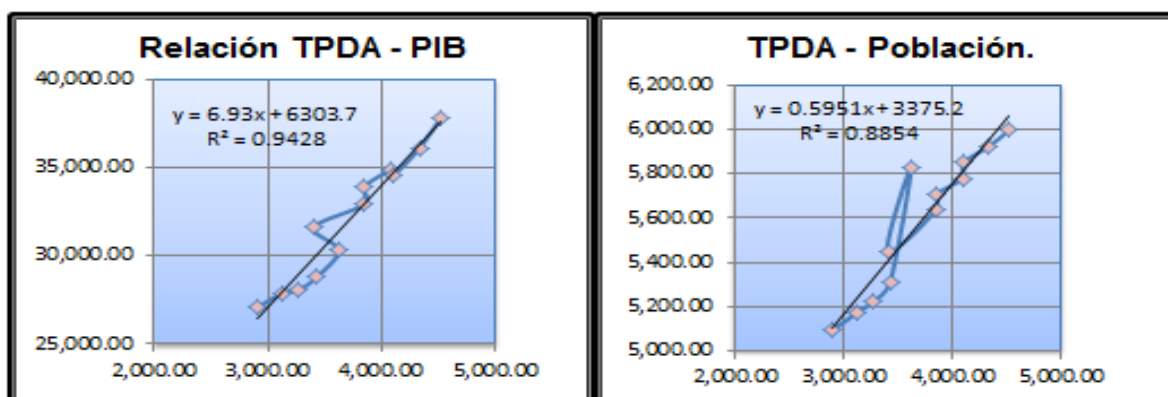
Tabla N° 14. Tasas de crecimiento del PIB, TPDA y Población.

| Tasas de Crecimiento | | |
|----------------------|-------|-----------|
| PIB | TPDA | Población |
| 2.82% | 3.75% | 1.36% |

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se calculan las elasticidades vinculando el TPDA con PIB y luego TPDA con la Población, (**Ver Figura N° 6**).

Figura N° 6. Relación TPDA – PIB y TPDA – Población.



Fuente: Elaboración propia.

Las elasticidades son los coeficientes constantes que se muestran en cada uno de los gráficos (**Figura N° 6**) las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 15. Elasticidades resultantes de las correlaciones.

| Correlación | Elasticidad |
|-------------|-------------|
| TPDA - PIB | 6.93 |
| TPDA - Pob. | 0.5951 |

Fuente: Elaboración propia.

Se calcula la tasa de crecimiento para el PIB y Población, multiplicadas por las elasticidades como se muestra en la (**Tabla N° 15**). Luego se determina la tasa de crecimiento para el Producto Interno Bruto (PIB) y Población, multiplicadas por las elasticidades correspondientes como se detallan a continuación.

- ✓ **Producto Interno Bruto:** para conocer el valor de tasa de crecimiento promedio para el producto interno bruto se obtiene mediante la **ecuación N° 6, página N° 14**, resultando una tasa de 19.54%.

$$TC = 2.82 \% * 6.93 = 19.54\%$$

- ✓ **Para la población:** De igual manera se obtiene una tasa de crecimiento promedio Poblacional aplicando el modelo matemático expresado en la **ecuación N° 6, página N° 14**, la cual permite conocer una tasa de **0.809%** para el crecimiento poblacional.

Tabla N° 16. Tasa de crecimiento afectada por la elasticidad.

| Ecuación | PIB (Millones C\$) | TPDA | Población (miles) |
|-------------|--------------------|-------|-------------------|
| TC | 2.82% | 3.75% | 1.36% |
| Elasticidad | 6.93 | | 0.5951 |
| TC | 19.54% | | 0.809% |

Fuente: Elaboración Propia.

A nuestro criterio elegimos la tasa de crecimiento vehicular de 3.75% para todo el tráfico, dado que para carga y pasajeros son muy alta de 19.54% y bajas de 0.809% respectivamente.

3.3.5.4.1. Análisis de la tasa de crecimiento Utilizada.

Tomando en cuenta que nuestro país se encuentra en vías de desarrollo y considerando el crecimiento del producto interno bruto (PIB), el crecimiento poblacional y vehicular del tramo en estudio, las condiciones actuales que está viviendo nuestro país y el resto del mundo que se ven afectados por crisis económica cíclicas; se utiliza una Tasa Anual de Crecimiento (TAC) del 3.75%, la cual se considera como tasa de crecimiento estable y conservadora dentro de la economía del país, sin embargo esta tasa de crecimiento puede sufrir incremento o decremento debido a las posibles variaciones económicas que pueda presentar la economía mundial.

3.3.6. Proyección del tránsito.

Para realizar la proyección del tránsito vehicular es necesario contar con cierta información tales como: el volumen de vehículos para el año de inicio del proyecto (tránsito inicial), la tasa de crecimiento vehicular de la zona de estudio, además del período que se pretende proyectar (período de diseño). Todas estas consideraciones se hacen con el propósito de estimar el volumen de tránsito al cual será sometida la estructura de pavimento durante el período de diseño.

3.3.6.1. Periodo de Diseño (n).

Es el tiempo elegido al iniciar el diseño para el cual se determinan las características del pavimento evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo seleccionado, a un costo razonable. La carretera en estudio la podemos clasificar de acuerdo a la clasificación de la red vial básica de Nicaragua como Colectora Suburbana, por lo tanto elegimos un valor máximo de 20 años

como período de diseño para el tramo en estudio de acuerdo a los valores que recomendados por la AASHTO-93 (**Ver Anexo II, Tabla N° 38, Pág. 9).**

3.3.7. Proyección del tránsito (TD).

Ya habiendo definido las variables como: tránsito del año base (2014), tasa anual de crecimiento, periodo de diseño, se procede a proyectar el tránsito al año horizonte, La cual se determina con la **expresión N° 7, página N° 14.**

3.3.8. Factor de crecimiento (fc).

Es un valor que indica la medida en como aumentará el volumen de tránsito conforme pase el tiempo y está determinado por el período de diseño en este caso 20 años y la tasa anual de crecimiento vehicular de 3.75%. Y se determina utilizando la **ecuación N° 8, página N° 14.**

Reemplazando los valores en la **ecuación N° 8, página N° 14** se obtiene un valor de 29.00 para el Factor crecimiento.

$$FC = \frac{(1+0.0375)^{20} - 1}{0.0375} = 29.00$$

3.3.9. Factores de distribución de dirección (FD).

El factor direccional está determinado por el sentido del flujo vehicular en ambas direcciones. Para la vía en estudio por ser una carretera con ambas direcciones de circulación se ha tomado el factor de 0.5, considerándolo como valor ideal para vías de dos carriles con sentido de circulación opuesto, este valor se toma de acuerdo a los valores recodados por la AASHTO-93 (**Ver Anexo II, Tabla N° 39, Pág. IX).**

3.3.10. Factor de distribución por carril (Fc).

Se denomina factor de carril a la forma de distribución de tránsito en un solo sentido de circulación, dicho factor está en dependencia de la cantidad de carriles

que poseerá la carretera que se pretenda diseñar. Para el caso del tramo en estudio por ser de un solo carril por sentido, dicho factor a usarse será igual a 1. Considerando los valores recomendados por la por la AASHTO-93 (**Ver Anexo II, Tabla N° 40, Pág. IX**).

3.3.11. Estimación del tránsito de diseño.

El Tráfico pesado es el que mayor daño produce a la estructura de pavimento por lo que deberá de estimarse con la mayor precisión posible. El tránsito de diseño para un período de 20 años y con una tasa de crecimiento de 3.75% se determina aplicando la (**Ecuación N° 7, Pág. 14**), obteniendo un tránsito de diseño de **2,662,127.50** como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 17. Determinación del tránsito de diseño.

| Tránsito de diseño = TPDA * FC * Fc *Fd*365 | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Tipo de Vehículo | TPDA (2015) | (FC) | (Fc) | (Fd) | 365 | TD |
| Motos | 60 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 317,550.00 |
| Autos | 76 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 402,230.00 |
| Jeep | 14 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 74,095.00 |
| Camionetas | 153 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 809,752.50 |
| Mbus | 11 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 58,217.50 |
| MB>15 P | 8 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 42,340.00 |
| Bus | 48 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 254,040.00 |
| C2 Liv | 45 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 238,162.50 |
| C2 > 5 ton | 64 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 338,720.00 |
| C3 | 24 | 29 | 1 | 0.5 | 365 | 127,020.00 |
| TOTAL | 503 | 2,662,127.50 veh/día | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: ESTUDIO HIDROLÓGICO.

4.1. Introducción.

En una carretera, el sistema de drenaje es el conjunto de obras que posibilita un correcto manejo de las lluvias, considerando para tal propósito, procesos de captación, conducción y evacuación de los mismos. Por lo tanto, uno de los aspectos más importantes de la localización y diseño de carreteras es la necesidad de proveer un drenaje apropiado a un costo adecuado con el objeto para la protección de la inversión realizada en una carretera.

El exceso de agua en los suelos o estructura de una carretera, afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, incremento de presiones de poros, sub presiones de flujo, presiones hidrostáticas, y afecta la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Por tal motivo, y aun cuando el agua es un elemento fundamental para la vida, es también una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

Para el análisis hidrológico se obtuvieron los datos de intensidades de lluvia de la estación Santa Cruz en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), para luego proceder a realizar los análisis estadísticos en base a los cuales se desarrollan relaciones para estimar los caudales correspondientes. Fue indispensable obtener información sobre las características y parámetros de la cuenca donde se desean hacer estimaciones como el área, pendientes, el tipo de suelo, entre otros.

Para este estudio hidrológico se utilizó el método racional, ya que en nuestro país no se cuenta con suficientes datos de caudales, este método utiliza coeficiente empíricos para la determinación de caudales, los cuales son seleccionados a través del juicio y la experiencia.

4.2. Metodología.

Se realizó una inspección de campo para observar in situ las características topográficas del terreno, tipo de suelo y analizar las condiciones de cada cruce en relación con el deterioro por el efecto de las aguas que drenan, así como las pendientes, características y el sentido del flujo a drenar. Una vez definidos los datos fisiográficos de las sub-cuencas del proyecto, se procedió a realizar los cálculos hidrológicos.

4.2.1. Caracterización y determinación de los parámetros para el cálculo del caudal por el método racional.

4.2.1.1. Límites de la Cuenca de drenaje.

Para determinar el área de drenaje que aporta escorrentía a la vía, se utilizó el plano topográfico levantado, estas áreas por ser muy pequeñas fueron confirmadas en el campo. Se obtienen la longitudes de la corrientes de cada micro cuenca así como la elevación máxima y mínima (**Ver Anexo III, Figura N°26, Pág. XI**).

4.2.1.2. División de la cuenca en sub-cuencas.

El tamaño de la sub-cuenca está determinado por las limitaciones del método racional que se aplica en cuencas cuya área de aportación es menor de 500 Ha (5.0 km²). Para cada sub-cuenca se determinan las características hidrometeorológicas como son: área, longitud, pendiente, tiempo de concentración intensidad duración frecuencia y caudal.

4.2.1.3. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

El método tradicional para estimar la precipitación que se debe considerar en el diseño consiste en analizar los datos disponibles en las estaciones meteorológicas próximas a la cuenca que se analiza, en este caso, se eligió la estación

meteorológica Valle Santa Cruz - Estelí, dicha estación es la más cercana a la zona en estudio.

En estudios para relacionar datos de lluvias con caudales, se requiere desarrollar relaciones entre intensidades de lluvias, la duración de la misma con la frecuencia de ocurrencia. Para ello se aplicó la **ecuación N° 11, página N° 18**.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 18. Intensidad – tiempo – duración – período de retorno.

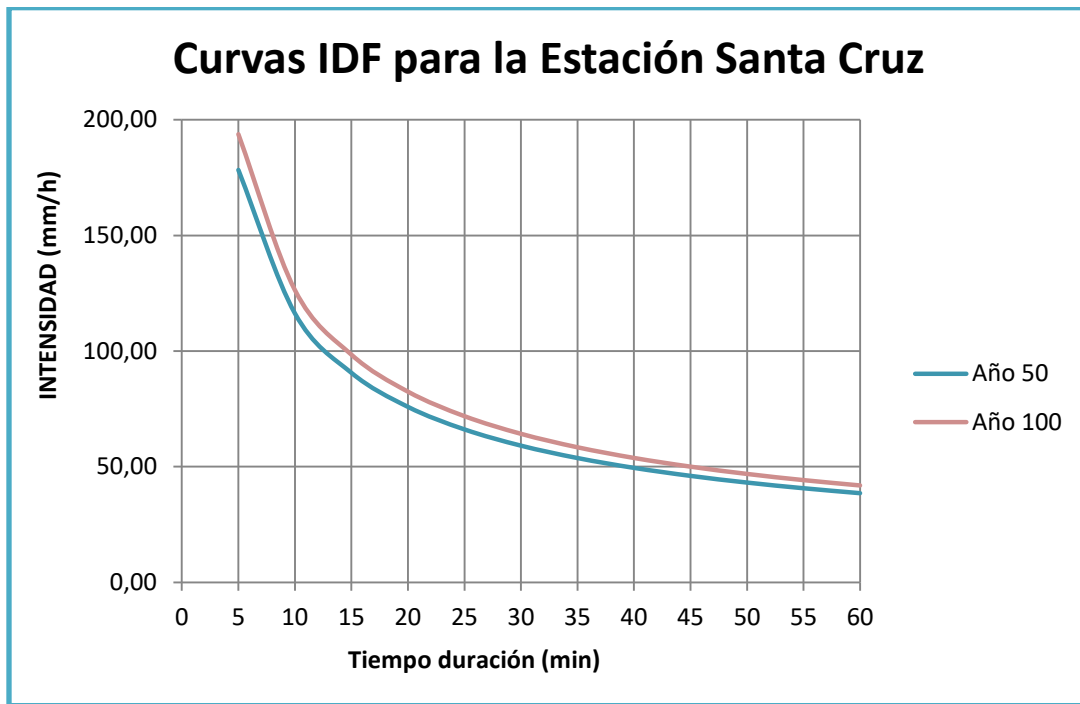
| Frecuencia años | Duración en minutos | | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 2 | 121.23 | 79.08 | 61.59 | 51.58 | 44.95 | 40.18 |
| 5 | 135.31 | 88.26 | 68.74 | 32.11 | 50.17 | 44.84 |
| 10 | 147.03 | 95.91 | 74.70 | 62.56 | 54.52 | 48.73 |
| 25 | 164.10 | 107.05 | 83.37 | 69.83 | 60.85 | 54.38 |
| 50 | 178.32 | 116.32 | 90.60 | 75.88 | 66.13 | 59.10 |
| 75 | 187.21 | 122.12 | 95.11 | 79.66 | 69.42 | 62.04 |
| 100 | 193.78 | 126.40 | 98.45 | 82.45 | 71.86 | 64.22 |
| 500 | 235.02 | 153.30 | 119.40 | 100.00 | 87.15 | 77.89 |

Fuente: Elaboración Propia.

| Frecuencia años | Duración en minutos | | | | | |
|--------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| 2 | 36.53 | 33.65 | 31.29 | 29.32 | 27.65 | 26.21 |
| 5 | 40.78 | 37.55 | 34.92 | 32.73 | 30.86 | 29.25 |
| 10 | 44.31 | 40.81 | 37.95 | 35.56 | 33.54 | 31.78 |
| 25 | 49.46 | 45.55 | 42.36 | 39.69 | 37.43 | 35.48 |
| 50 | 53.74 | 49.49 | 46.03 | 43.13 | 40.67 | 38.55 |
| 75 | 56.42 | 51.96 | 48.32 | 45.28 | 42.70 | 40.47 |
| 100 | 58.40 | 53.78 | 50.02 | 46.87 | 44.20 | 41.89 |
| 500 | 70.83 | 65.23 | 60.66 | 56.85 | 53.60 | 50.81 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 7: Curvas Intensidad Duración Frecuencia.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4. Período de Retorno.

La lluvia de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, o sea el período de retorno de la misma. Como adaptación de la infraestructura ante los procesos del cambio climático, a nuestro criterio establecemos lluvia de diseño para 50 años y secciones hidráulicas previsibles para 100 años.

4.2.1.5. Caudal (Q).

Considerando las dimensiones de la cuenca, se usa el Método Racional el cual tiene una base sencilla y lógica que consiste en que el caudal de escorrentía es una proporción del agua de lluvia. Para este estudio, se considera que las áreas de drenaje menores de 3.0 km², corresponden a cuencas pequeñas, tal como se

indica en la Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales. Para el cálculo del caudal se utiliza la **ecuación N° 14, página N° 19**.

4.2.1.6. Coeficiente de Escorrentía.

El Coeficiente de Escorrentía "C", para ser usado en la Fórmula Racional se obtuvo de la Tabla elaborada por el departamento de Drenaje Pluvial de la alcaldía de Managua (**Ver anexo III, Tabla N° 41, Pág. XIII**), este valor "C", está en dependencia de las características topográficas del terreno, tipo de suelo y cubierta vegetal de las diferentes obras que se estudian basadas en las inspecciones directas de campo, se determina con la **ecuación N° 13, página N° 19**.

A continuación se presenta la memoria de cálculo del análisis hidrológico:

Tabla N° 19. Caudales de diseño.

| SUB CUENCA | ÁREA | LONG | Hmáx | Hmín | Sc | | tc | I | Coeficiente de escorrentía | | | | Caudal |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------|-------------------------------|------|------|-------|--------|
| | km2 | m | m | m | m/m | % | min | mm/hora | Us | Ts | Pt | C | m3/s |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| SC-1 | 0.0036 | 104.42 | 845.40 | 843.24 | 0.0207 | 2.1% | 1.63 | 212.89 | 0.20 | 1.25 | 1.00 | 0.250 | 0.05 |
| SC-2 | 0.0048 | 121.67 | 845.28 | 841.64 | 0.0299 | 3.0% | 1.59 | 215.88 | 0.20 | 1.25 | 1.00 | 0.250 | 0.07 |
| SC-3 | 0.0013 | 31.80 | 841.60 | 841.33 | 0.0085 | 0.8% | 0.92 | 293.52 | 0.20 | 1.25 | 1.00 | 0.250 | 0.03 |
| SC-4 | 0.0011 | 30.11 | 841.96 | 841.20 | 0.0252 | 2.5% | 0.58 | 374.69 | 0.20 | 1.50 | 1.00 | 0.300 | 0.03 |
| SC-5 | 0.0058 | 183.55 | 850.49 | 842.37 | 0.0442 | 4.4% | 1.88 | 196.18 | 0.20 | 1.25 | 1.50 | 0.375 | 0.12 |
| SC-6 | 0.0022 | 73.02 | 850.99 | 849.64 | 0.0185 | 1.8% | 1.29 | 242.97 | 0.20 | 1.25 | 1.00 | 0.250 | 0.04 |

Fuente: Elaboración propia.

| SUB CUENCA | ÁREA | LONG | Hmáx | Hmín | Sc | | tc | I | Coeficiente de escorrentía | | | | Caudal |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|---------|-------------------------------|------|-----|-------|--------|
| | km2 | m | m | m | m/m | % | min | mm/hora | Us | Ts | Pt | C | m3/s |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| SC-7 | 0.0043 | 143.67 | 854.73 | 850.68 | 0.0282 | 2.80% | 1.85 | 197.91 | 0.2 | 1.5 | 1 | 0.3 | 0.07 |
| SC-8 | 0.0053 | 136.1 | 855.11 | 854.26 | 0.0062 | 0.60% | 3.18 | 144.27 | 0.1 | 1.25 | 1 | 0.125 | 0.03 |
| SC-9 | 0.0174 | 317.89 | 862.28 | 854.92 | 0.0232 | 2.30% | 3.68 | 132.04 | 0.1 | 1.25 | 1 | 0.125 | 0.08 |
| SC-10 | 0.0068 | 110.68 | 863.78 | 861.97 | 0.0164 | 1.60% | 1.87 | 196.91 | 0.2 | 1.25 | 1 | 0.25 | 0.09 |
| SC-11 | 0.0104 | 171.98 | 866.63 | 864.05 | 0.015 | 1.50% | 2.71 | 158.35 | 0.1 | 1.25 | 1 | 0.125 | 0.06 |
| SC-12 | 0.002 | 127.41 | 859.66 | 855.31 | 0.0341 | 3.40% | 1.57 | 217.79 | 0.2 | 1.25 | 1.5 | 0.375 | 0.05 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.7. Hidrograma Triangular Sintético.

A partir de los datos obtenidos del tiempo de concentración y caudal, se generan los hidrogramas correspondientes para cada sub-cuenca. Como criterio se establece que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración, que a la vez es el tiempo pico del hidrograma; definiendo la ordenada para los valores del caudal y la abscisa para el tiempo.

A continuación, se detallan las tablas con los datos calculados para la realización de los hidrogramas triangulares sintéticos donde se muestran tiempos y caudales interpolados.

Tabla N° 20. Datos para Hidrogramas Triangular Sintético.

| HIDROGRAMA TRIANGULAR SINTÉTICO | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| Hidrograma SC-1 | | Hidrograma SC-2 | | Hidrograma SC-3 | | Hidrograma SC-4 | | Hidrograma SC-5 | | Hidrograma SC-6 | |
| t/2= | 0.82 | t/2= | 0.80 | t/2= | 0.46 | t/2= | 0.29 | t/2= | 0.94 | t/2= | 0.65 |
| t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.82 | 0.03 | 0.80 | 0.04 | 0.46 | 0.01 | 0.29 | 0.02 | 0.94 | 0.06 | 0.65 | 0.02 |
| 1.63 | 0.05 | 1.59 | 0.07 | 0.92 | 0.03 | 0.58 | 0.03 | 1.88 | 0.12 | 1.29 | 0.04 |
| 2.45 | 0.03 | 2.39 | 0.04 | 1.38 | 0.01 | 0.87 | 0.02 | 2.82 | 0.06 | 1.94 | 0.02 |
| 3.26 | 0.00 | 3.18 | 0.00 | 1.84 | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 3.76 | 0.00 | 2.58 | 0.00 |

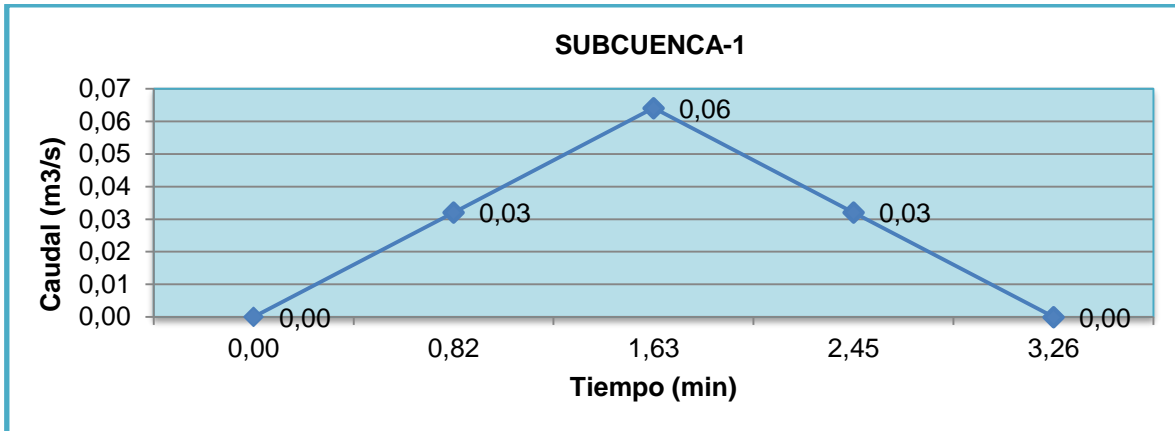
Fuente: Elaboración propia.

| HIDROGRAMA TRIANGULAR SINTÉTICO | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| Hidrograma SC-7 | | Hidrograma SC-8 | | Hidrograma SC-9 | | Hidrograma SC-10 | | Hidrograma SC-11 | | Hidrograma SC-12 | |
| t/2= | 0.93 | t/2= | 1.59 | t/2= | 1.84 | t/2= | 0.94 | t/2= | 1.36 | t/2= | 0.79 |
| t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) | t(min) | Q(m3/s) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.93 | 0.04 | 1.59 | 0.01 | 1.84 | 0.04 | 0.94 | 0.05 | 1.36 | 0.03 | 0.79 | 0.02 |
| 1.85 | 0.07 | 3.18 | 0.03 | 3.68 | 0.08 | 1.87 | 0.09 | 2.71 | 0.06 | 1.58 | 0.05 |
| 2.78 | 0.04 | 4.77 | 0.01 | 5.52 | 0.04 | 2.81 | 0.05 | 4.07 | 0.03 | 2.37 | 0.02 |
| 3.70 | 0.00 | 6.36 | 0.00 | 7.36 | 0.00 | 3.74 | 0.00 | 5.42 | 0.00 | 3.16 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia.

Hidrogramas Triangulares Sintéticos.

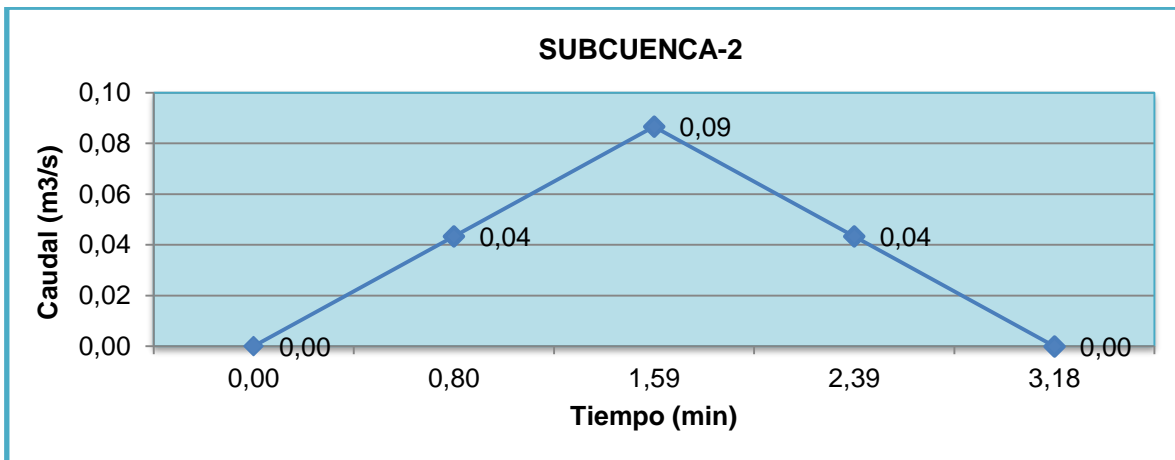
Figura N° 8. Subcuenca N° 1.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.06 m^3/s en un tiempo de 1.63 minutos.

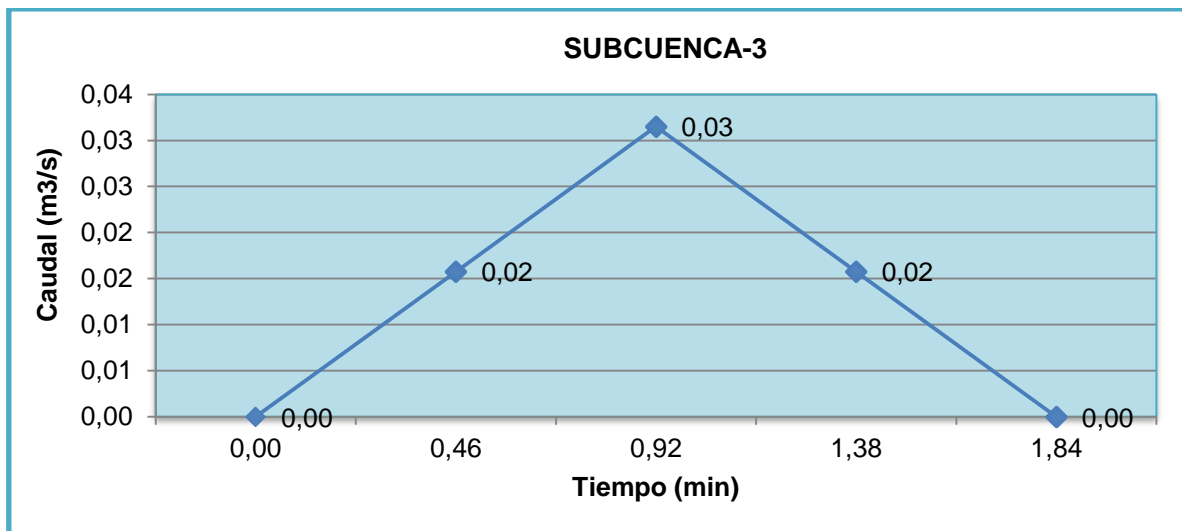
Figura N° 9. Subcuenca N° 2.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.09 m^3/s en un tiempo de 1.59 minutos.

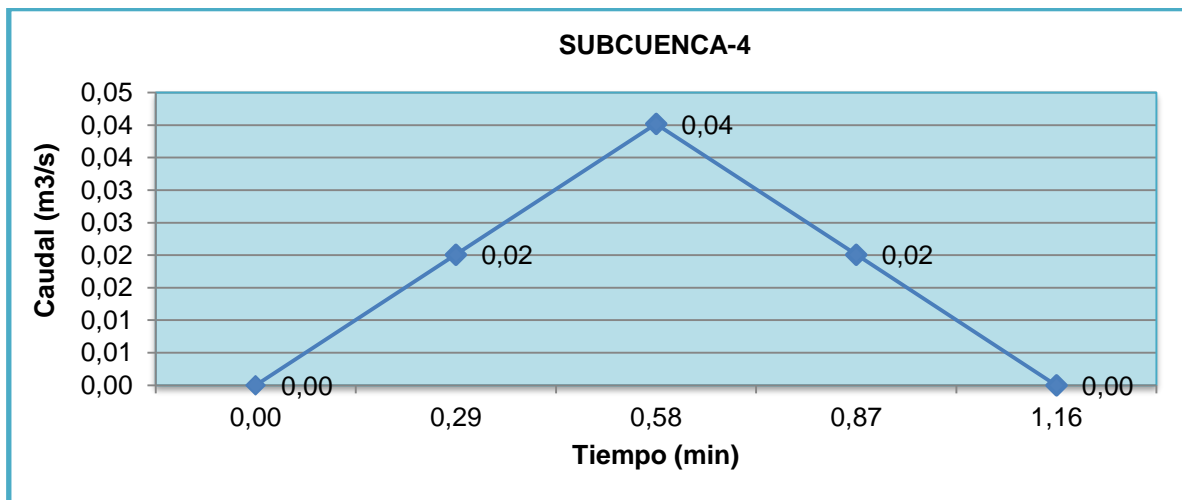
Figura N° 10. Subcuenca N° 3.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.03 m³/s en un tiempo de 0.92 minutos.

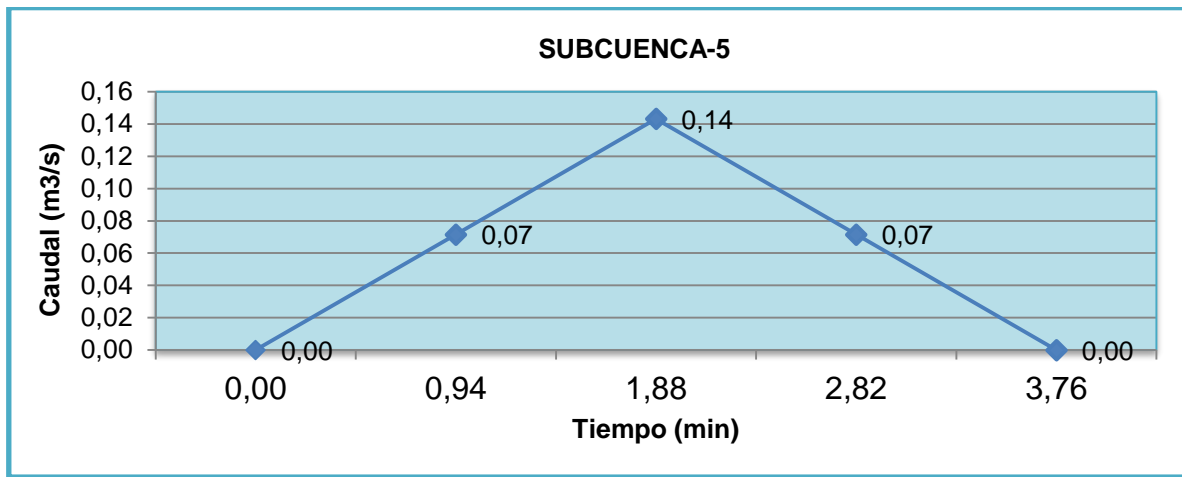
Figura N° 11. Subcuenca N° 4.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.04 m³/s en un tiempo de 0.58 minutos.

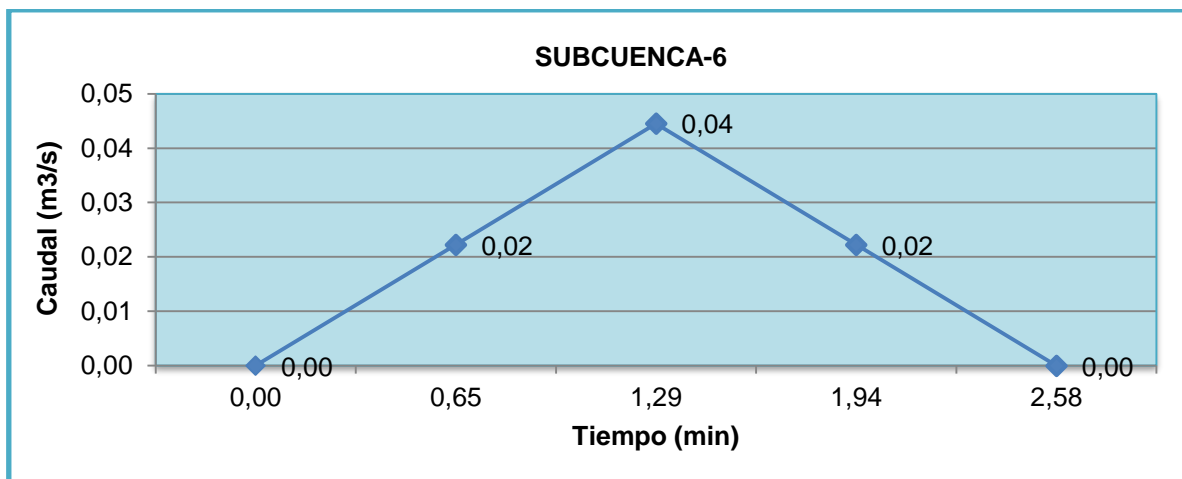
Figura N° 12. Subcuenca N° 5.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.14 m³/s en un tiempo de 1.88 minutos.

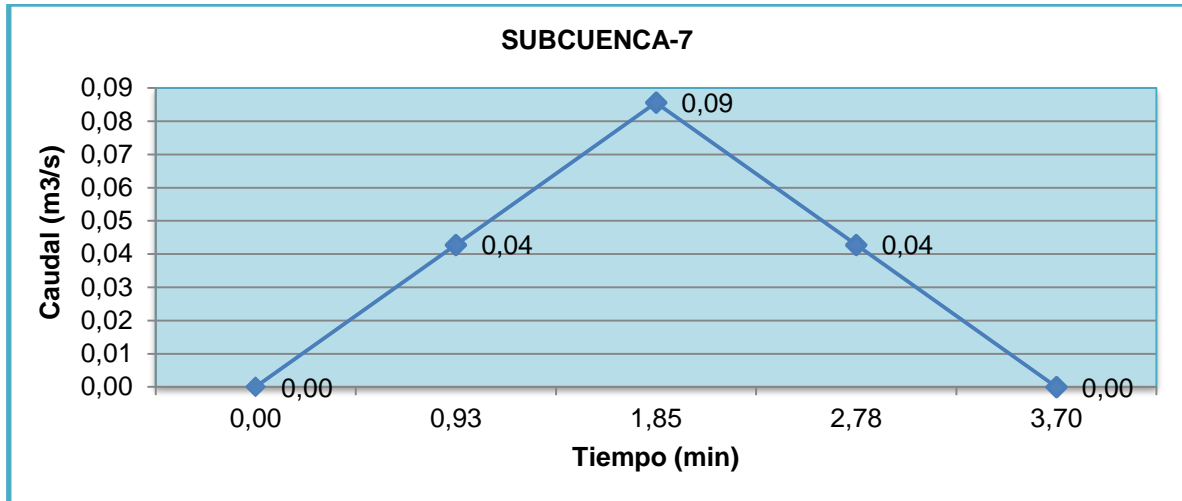
Figura N° 13. Subcuenca N° 6.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.04 m³/s en un tiempo de 1.29 minutos.

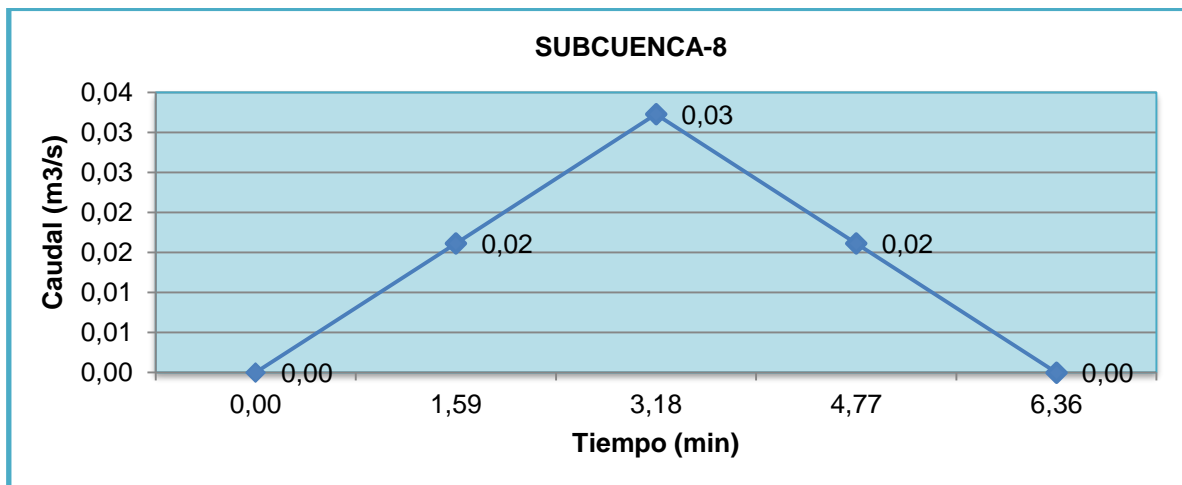
Figura N° 14. Subcuenca N° 7.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.09 m³/s en un tiempo de 1.85 minutos.

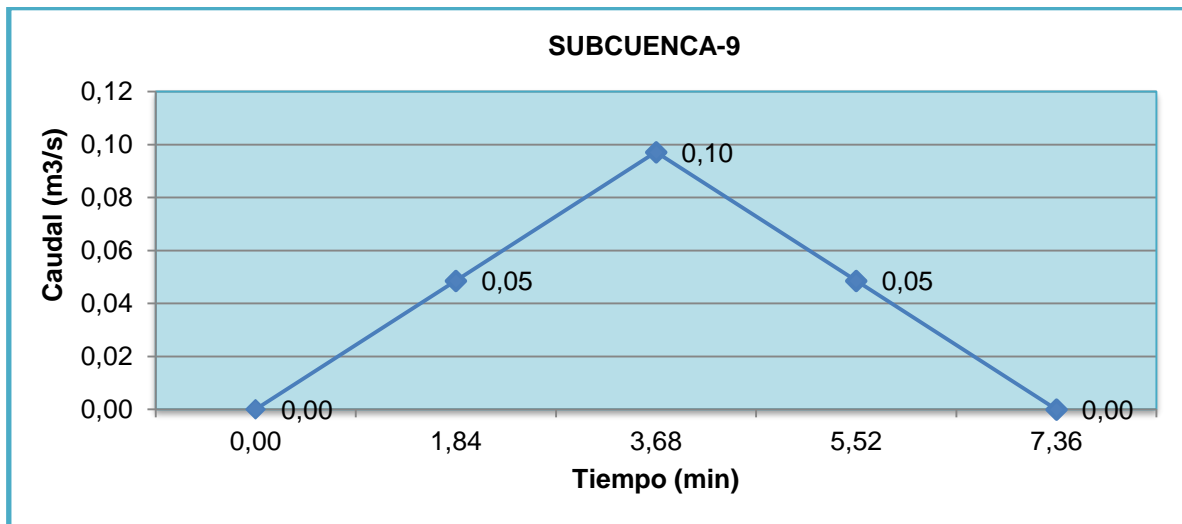
Figura N° 15. Subcuenca N° 8.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.03 m³/s en un tiempo de 3.18 minutos.

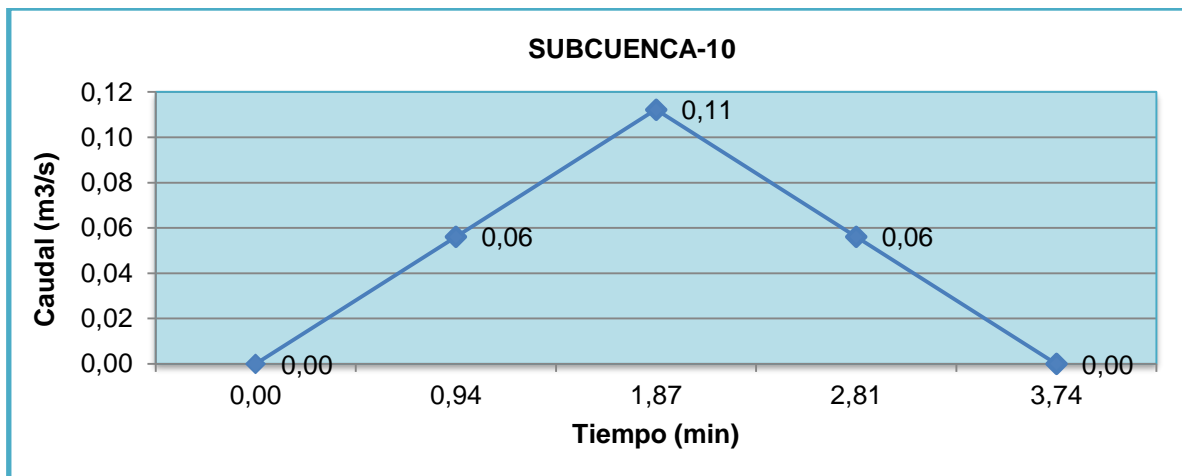
Figura N° 16. Subcuenca N° 9.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.10 m³/s en un tiempo de 3.68 minutos.

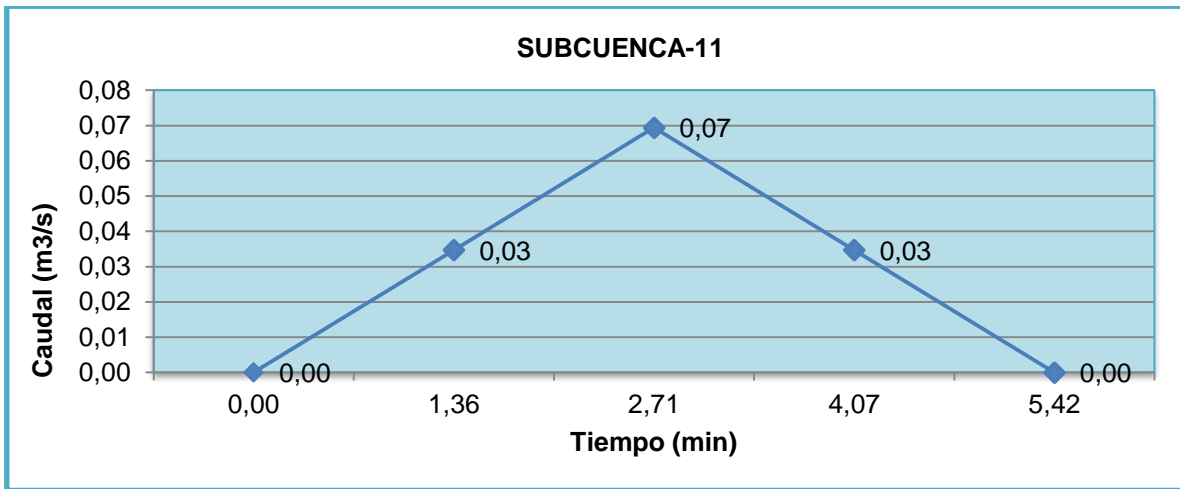
Figura N° 17. Subcuenca N° 10.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.11 m³/s en un tiempo de 1.87 minutos.

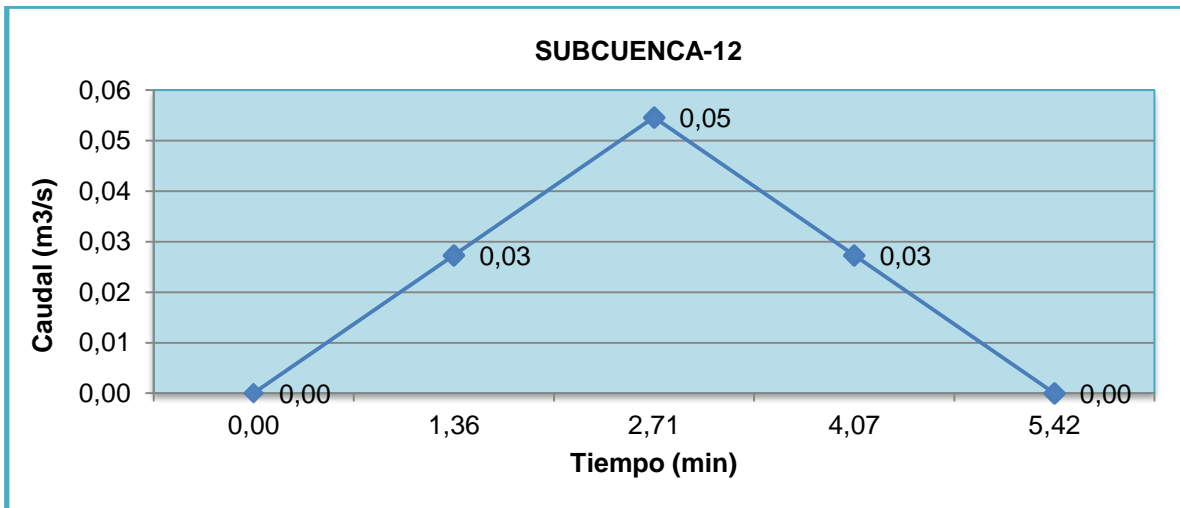
Figura N° 18. Subcuenca N° 11.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.07 m³/s en un tiempo de 2.71 minutos.

Figura N° 19. Subcuenca N° 12.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.05 m³/s en un tiempo de 2.71 minutos.

4.2.2. Diseño Hidráulico.

Para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje (cunetas y vados) a trabajar en el tramo se realizó el diseño hidráulico, aplicando el software H canales que tiene su base teórica en la fórmula de Manning (**Ecuaciones N° 15, N° 16 y N° 17, Pág. 21**) y a la vez usando sus coeficientes de rugosidad (**Anexo III, tabla N° 42, Pág. XIV**).

4.2.2.1. Cunetas.


De acuerdo a los cálculos hidrológicos se procede al dimensionamiento de cunetas (**Ver Anexo III, Figura N° 27, Pág. XIV**) las cuales tendrán una sección triangular, y a lo largo de la vía habrá de dos tipos: cuneta normal de caite y de bordillo y cuneta triangular, esta última donde el caudal a evacuar es un poco mayor. El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta. Las zonas de descarga de las cunetas serán en desagües naturales de agua identificados en puntos tangentes de la vía.

Dimensionamiento de cunetas de acuerdo al caudal de diseño de cada sub-cuenca.

Cuneta SC-1

| | | | |
|--------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Lugar: | Estelí, Nicaragua | Proyecto: | Cuneta SC-1 |
| Tramo: | Fábrica PENSA- Barrio Villa C | Revestimiento: | Concreto |

| | |
|----------------------|------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.05 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 m |
| Talud (Z): | 1 |
| Rugosidad (n): | 0.013 |
| Pendiente (S): | 0.02 m/m |

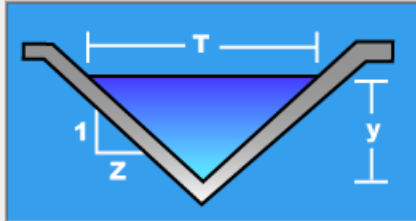


| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.1723 m | Perímetro (p): | 0.4873 m |
| Área hidráulica (A): | 0.0297 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.0609 m |
| Espejo de agua (T): | 0.3446 m | Velocidad (v): | 1.6842 m/s |
| Número de Froude (F): | 1.8320 | Energía específica (E): | 0.3169 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Cuneta SC-2

| | | | |
|--------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Lugar: | Esteli, Nicaragua | Proyecto: | Cuneta SC-2 |
| Tramo: | Fábrica PENSA- Barrio Villa C | Revestimiento: | Concreto |

| | |
|----------------------|------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.07 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 m |
| Talud (Z): | 1 |
| Rugosidad (n): | 0.013 |
| Pendiente (S): | 0.02 m/m |




| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.1955 m | Perímetro (p): | 0.5529 m |
| Area hidráulica (A): | 0.0382 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.0691 m |
| Espejo de agua (T): | 0.3909 m | Velocidad (v): | 1.8320 m/s |
| Número de Froude (F): | 1.8710 | Energía específica (E): | 0.3665 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-3

| | | | |
|--------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Lugar: | Esteli, Nicaragua | Proyecto: | Cuneta SC-3 |
| Tramo: | Fábrica PENSA- Barrio Villa C | Revestimiento: | Concreto |

| | |
|----------------------|------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.03 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 m |
| Talud (Z): | 1 |
| Rugosidad (n): | 0.013 |
| Pendiente (S): | 0.008 m/m |



| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.1689 m | Perímetro (p): | 0.4778 m |
| Area hidráulica (A): | 0.0285 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.0597 m |
| Espejo de agua (T): | 0.3379 m | Velocidad (v): | 1.0513 m/s |
| Número de Froude (F): | 1.1549 | Energía específica (E): | 0.2253 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

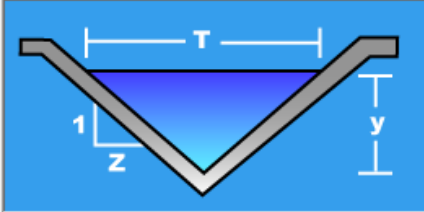
Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-4

| | |
|---|---|
| <p>Lugar: Esteli, Nicaragua</p> <p>Tramo: Fábrica PENSA- Barrio Villa C</p> | <p>Proyecto: Cuneta SC-4</p> <p>Revestimiento: Concreto</p> |
|---|---|

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.03 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.02 | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|---------------------|----------------|
| Tirante normal (y): | 0.1423 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.0202 | m ² |
| Espejo de agua (T): | 0.2845 | m |
| Número de Froude (F): | 1.7745 | |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | |

| | | |
|-------------------------|--------|---------|
| Perímetro (p): | 0.4024 | m |
| Radio hidráulico (R): | 0.0503 | m |
| Velocidad (v): | 1.4823 | m/s |
| Energía específica (E): | 0.2543 | m-Kg/Kg |


Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-5

| | |
|---|---|
| <p>Lugar: Esteli, Nicaragua</p> <p>Tramo: Fábrica PENSA- Barrio Villa C</p> | <p>Proyecto: Cuneta SC-5</p> <p>Revestimiento: Concreto</p> |
|---|---|

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.12 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.04 | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|---------------------|----------------|
| Tirante normal (y): | 0.2101 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.0441 | m ² |
| Espejo de agua (T): | 0.4202 | m |
| Número de Froude (F): | 2.6780 | |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | |

| | | |
|-------------------------|--------|---------|
| Perímetro (p): | 0.5942 | m |
| Radio hidráulico (R): | 0.0743 | m |
| Velocidad (v): | 2.7186 | m/s |
| Energía específica (E): | 0.5868 | m-Kg/Kg |

Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-6

| | | | |
|--------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Lugar: | Esteli, Nicaragua | Proyecto: | Cuneta SC-6 |
| Tramo: | Fábrica PENSA- Barrio Villa C | Revestimiento: | Concreto |

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.04 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.01 | m/m |



Resultados:

| | | | | | |
|-----------------------|--------------|----------------|-------------------------|--------|---------|
| Tirante normal (y): | 0.1805 | m | Perímetro (p): | 0.5104 | m |
| Area hidráulica (A): | 0.0326 | m ² | Radio hidráulico (R): | 0.0638 | m |
| Espejo de agua (T): | 0.3609 | m | Velocidad (v): | 1.2282 | m/s |
| Número de Froude (F): | 1.3055 | | Energía específica (E): | 0.2574 | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-7

| | | | |
|--------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Lugar: | Esteli, Nicaragua | Proyecto: | Cuneta SC-7 |
| Tramo: | Fábrica PENSA- Barrio Villa C | Revestimiento: | Concreto |

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.07 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.02 | m/m |



Resultados:

| | | | | | |
|-----------------------|--------------|----------------|-------------------------|--------|---------|
| Tirante normal (y): | 0.1955 | m | Perímetro (p): | 0.5529 | m |
| Area hidráulica (A): | 0.0382 | m ² | Radio hidráulico (R): | 0.0691 | m |
| Espejo de agua (T): | 0.3909 | m | Velocidad (v): | 1.8320 | m/s |
| Número de Froude (F): | 1.8710 | | Energía específica (E): | 0.3665 | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | | | |

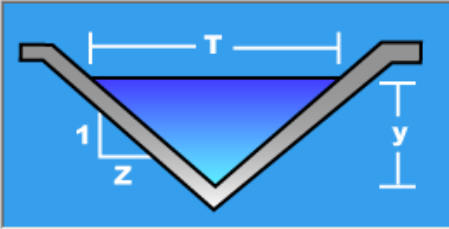
Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-8

| | |
|---|---|
| <p>Lugar: <input type="text" value="Esteli, Nicaragua"/></p> <p>Tramo: <input type="text" value="Fábrica PENSA- Barrio Villa C"/></p> | <p>Proyecto: <input type="text" value="Cuneta SC-8"/></p> <p>Revestimiento: <input type="text" value="Concreto"/></p> |
|---|---|

Datos:

| | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.03"/> | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> | m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> | |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.013"/> | |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.006"/> | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|---|----------------|
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.1783"/> | m |
| Area hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0318"/> | m ² |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.3566"/> | m |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="1.0092"/> | |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Supercrítico"/> | |

| | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Perímetro (p): | <input type="text" value="0.5043"/> | m |
| Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.0630"/> | m |
| Velocidad (v): | <input type="text" value="0.9438"/> | m/s |
| Energía específica (E): | <input type="text" value="0.2237"/> | m-Kg/Kg |

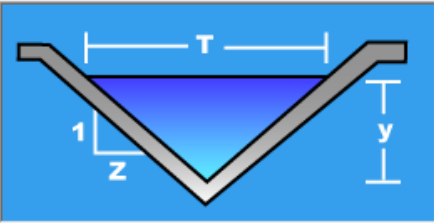
Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-9

| | |
|---|---|
| <p>Lugar: <input type="text" value="Esteli, Nicaragua"/></p> <p>Tramo: <input type="text" value="Fábrica PENSA- Barrio Villa C"/></p> | <p>Proyecto: <input type="text" value="Cuneta SC-9"/></p> <p>Revestimiento: <input type="text" value="Concreto"/></p> |
|---|---|

Datos:

| | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.08"/> | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> | m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> | |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.013"/> | |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.02"/> | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|---|----------------|
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.2055"/> | m |
| Area hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0422"/> | m ² |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.4110"/> | m |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="1.8867"/> | |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Supercrítico"/> | |

| | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Perímetro (p): | <input type="text" value="0.5813"/> | m |
| Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.0727"/> | m |
| Velocidad (v): | <input type="text" value="1.8942"/> | m/s |
| Energía específica (E): | <input type="text" value="0.3884"/> | m-Kg/Kg |

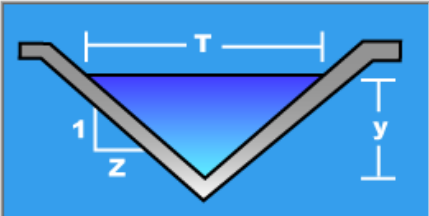
Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-10

| | |
|---|--|
| <p>Lugar: Esteli, Nicaragua</p> <p>Tramo: Fábrica PENSA- Barrio Villa C</p> | <p>Proyecto: Cuneta SC-10</p> <p>Revestimiento: Concreto</p> |
|---|--|

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.09 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.016 | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|---------------------|----------------|
| Tirante normal (y): | 0.2240 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.0502 | m ² |
| Espejo de agua (T): | 0.4479 | m |
| Número de Froude (F): | 1.7118 | |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | |

| | | |
|-------------------------|--------|---------|
| Perímetro (p): | 0.6335 | m |
| Radio hidráulico (R): | 0.0792 | m |
| Velocidad (v): | 1.7942 | m/s |
| Energía específica (E): | 0.3880 | m-Kg/Kg |

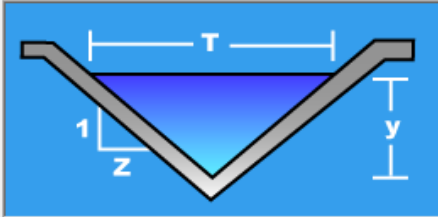
Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-11

| | |
|---|--|
| <p>Lugar: Esteli, Nicaragua</p> <p>Tramo: Fábrica PENSA- Barrio Villa C</p> | <p>Proyecto: Cuneta SC-11</p> <p>Revestimiento: Concreto</p> |
|---|--|

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.06 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.015 | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|---------------------|----------------|
| Tirante normal (y): | 0.1947 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.0379 | m ² |
| Espejo de agua (T): | 0.3894 | m |
| Número de Froude (F): | 1.6193 | |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | |

| | | |
|-------------------------|--------|---------|
| Perímetro (p): | 0.5507 | m |
| Radio hidráulico (R): | 0.0688 | m |
| Velocidad (v): | 1.5825 | m/s |
| Energía específica (E): | 0.3224 | m-Kg/Kg |


Fuente: Elaboración propia.

Cuneta SC-12

| | |
|---|--|
| <p>Lugar: <input type="text" value="Esteli, Nicaragua"/></p> <p>Tramo: <input type="text" value="Fábrica PENSA- Barrio Villa C"/></p> | <p>Proyecto: <input type="text" value="Cuneta SC-12"/></p> <p>Revestimiento: <input type="text" value="Concreto"/></p> |
|---|--|

Datos:

| | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.05"/> | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> | m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> | |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.013"/> | |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.034"/> | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------|
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.1560"/> | m |
| Area hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0243"/> | m ² |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.3120"/> | m |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="2.3494"/> | |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | |

| | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Perímetro (p): | <input type="text" value="0.4412"/> | m |
| Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.0551"/> | m |
| Velocidad (v): | <input type="text" value="2.0550"/> | m/s |
| Energía específica (E): | <input type="text" value="0.3712"/> | m-Kg/Kg |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2. Vados.


Son una solución satisfactoria para los pequeños cursos de agua que atraviesan las intersecciones, por lo general, cuenta con una superficie mejorada formada por una losa de concreto. Pueden usarse combinado con las cunetas, son estructuras menos costosas que las alcantarillas o grandes puentes, en su mayoría no son muy sensibles con respecto al caudal de diseño, debido a que un pequeño incremento del tirante de agua incrementa de modo importante la capacidad hidráulica. Las dimensiones de vados para este proyecto fueron calculados con el software H canales (**Ver en Anexo III, Figura N° 28, Pág. XIV**).

Dimensionamiento de vados de acuerdo al caudal de diseño de cada sub-cuenca.

Vado Est 0+230

| | |
|---|---|
| <p>Lugar: <input type="text" value="Esteli, Nicaragua"/></p> <p>Tramo: <input type="text" value="Fábrica PENSA- Barrio Villa C"/></p> | <p>Proyecto: <input type="text" value="Vado Est. 0+230"/></p> <p>Revestimiento: <input type="text" value="Concreto"/></p> |
|---|---|

| | |
|----------------------|---|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.07"/> m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.013"/> |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.02"/> m/m |




| | |
|-------------------------|--|
| Resultados: | |
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.1955"/> m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0382"/> m ² |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.3909"/> m |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="1.8710"/> |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Supercrítico"/> |
| Perímetro (p): | <input type="text" value="0.5529"/> m |
| Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.0691"/> m |
| Velocidad (v): | <input type="text" value="1.8320"/> m/s |
| Energía específica (E): | <input type="text" value="0.3665"/> m-Kg/Kg |

Vado Est 0+252

| | |
|---|---|
| <p>Lugar: <input type="text" value="Esteli, Nicaragua"/></p> <p>Tramo: <input type="text" value="Fábrica PENSA- Barrio Villa C"/></p> | <p>Proyecto: <input type="text" value="Vado Est. 0+252"/></p> <p>Revestimiento: <input type="text" value="Concreto"/></p> |
|---|---|

| | |
|----------------------|---|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.03"/> m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.013"/> |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.0085"/> m/m |




| | |
|-------------------------|--|
| Resultados: | |
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.1670"/> m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0279"/> m ² |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.3340"/> m |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="1.1882"/> |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Supercrítico"/> |
| Perímetro (p): | <input type="text" value="0.4724"/> m |
| Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.0591"/> m |
| Velocidad (v): | <input type="text" value="1.0754"/> m/s |
| Energía específica (E): | <input type="text" value="0.2260"/> m-Kg/Kg |

Vado Est 0+373, 0+434, 0+477, 0+531

| | |
|---|---|
| <p>Lugar: Esteli, Nicaragua</p> <p>Tramo: Fábrica PENSA- Barrio Villa C</p> | <p>Proyecto: Vado Est. 0+373</p> <p>Revestimiento: Concreto</p> |
|---|---|

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.12 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.044 | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|--------------|----------------|
| Tirante normal (y): | 0.2064 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.0426 | m ² |
| Espejo de agua (T): | 0.4128 | m |
| Número de Froude (F): | 2.8003 | |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | |


| | | |
|-------------------------|--------|---------|
| Perímetro (p): | 0.5837 | m |
| Radio hidráulico (R): | 0.0730 | m |
| Velocidad (v): | 2.8175 | m/s |
| Energía específica (E): | 0.6110 | m-Kg/Kg |

Vado Est 0+967

| | |
|---|--|
| <p>Lugar: Esteli, Nicaragua</p> <p>Tramo: Fábrica PENSA- Barrio Villa C</p> | <p>Proyecto: Vado Est 0+967</p> <p>Revestimiento: Concreto</p> |
|---|--|

Datos:

| | | |
|----------------------|-------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.03 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud (Z): | 1 | |
| Rugosidad (n): | 0.013 | |
| Pendiente (S): | 0.006 | m/m |



Resultados:

| | | |
|-----------------------|--------------|----------------|
| Tirante normal (y): | 0.1783 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.0318 | m ² |
| Espejo de agua (T): | 0.3566 | m |
| Número de Froude (F): | 1.0092 | |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | |

| | | |
|-------------------------|--------|---------|
| Perímetro (p): | 0.5043 | m |
| Radio hidráulico (R): | 0.0630 | m |
| Velocidad (v): | 0.9438 | m/s |
| Energía específica (E): | 0.2237 | m-Kg/Kg |

Vado Est 1+147

| | |
|---|--|
| <p>Lugar: Esteli, Nicaragua</p> <p>Tramo: Fábrica PENSA- Barrio Villa C</p> | <p>Proyecto: Vado Est 1+147</p> <p>Revestimiento: Concreto</p> |
|---|--|

Datos:

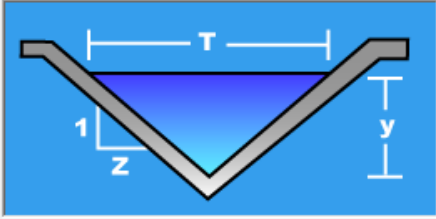
Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



| | |
|--|---|
| Resultados: | |
| <p>Tirante normal (y): <input type="text" value="0.2002"/> m</p> <p>Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.0401"/> m²</p> <p>Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.4004"/> m</p> <p>Número de Froude (F): <input type="text" value="2.0144"/></p> <p>Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/></p> | <p>Perímetro (p): <input type="text" value="0.5662"/> m</p> <p>Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.0708"/> m</p> <p>Velocidad (v): <input type="text" value="1.9961"/> m/s</p> <p>Energía específica (E): <input type="text" value="0.4033"/> m-Kg/Kg</p> |

4.2.2.3. Coeficiente de Rugosidad (n).

Son valores adimensionales dados para el tipo de material por la cual estará conformada la estructura de drenaje (cunetas, vados), en nuestro caso se utiliza un valor de 0.013 (**Ver Anexo III, Tabla N° 42, Pág. XIV**).

CAPÍTULO V: DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO.

5.1. Introducción.

El presente capítulo está orientado al diseño de pavimento articulado requerido para la carretera Pensa – Barrio Villa Cuba, implicando en primera instancia la evaluación y adaptación a Nicaragua, de las distintas variables independientes que son consideradas en el método de diseño, los resultados y conclusiones se muestran más adelante.

En Nicaragua no existe método específico para el diseño de estructura de pavimento. De acuerdo al Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimento (SIECA), señala cuatro métodos para el diseño de pavimento con carpeta de rodamiento de adoquín, que son los siguientes:

- ✓ Murillo López de Souza.
- ✓ Método Argentino.
- ✓ Método Británico.
- ✓ AASHTO 93.

El método de diseño empleado para el cálculo de espesores corresponde a la guía de diseño de espesores de pavimento de la AASHTO del año 1993, este método involucra los estudios abordados anteriormente.

5.2. Método de diseño.

El método más utilizado en Centroamérica y en nuestro país, para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales siempre se refiere a la AASHTO, en este método la información requerida en la ecuación de diseño (**Ver ecuación N° 18, Pág. 24**) incluyen los siguientes parámetros: las cargas por eje, la configuración del mismo, así como el número de aplicaciones o paso de este eje sobre la superficie de pavimento.

5.3. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

5.3.1. Serviciabilidad.

Para el diseño se definieron los valores de serviciabilidad inicial (P_o) y la serviciabilidad final (P_t), para poder determinar la pérdida total en el Índice de serviciabilidad presente (ΔPSI) (**Ver Ecuación N° 19, Pág. 25**). Los valores recomendados por la AASHTO y por experiencia son:

Serviciabilidad inicial:

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles.

Serviciabilidad final:

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor.

Para este caso se ha considerado una serviciabilidad inicial de $P_o = 4.2$ y una serviciabilidad final de $P_t = 2$, para pavimentos flexibles y caminos de tránsito menor respectivamente. Por lo tanto, el valor de la pérdida de la serviciabilidad para este diseño es:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

5.3.2. Número Estructural asumido.

El procedimiento idealizado de diseño es iterativo, primero debe asumirse un valor de SN (número estructural), sin conocerse los espesores finales, para poder estimar las cargas de diseño, ya que los factores de equivalencia de cargas son en función, entre otras variables, de "SN".

El valor SN (número estructural), está comprendido en un rango de 1 a 6. Para este caso se consideró un número estructural asumido de $SN=5$, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes.

5.3.2.1. Factor de daño (LEF):

Este valor se determina con las tablas de la AASHTO – 93, si los pesos de los ejes no se encuentran en estas tablas, se deben de Interpolar dichos valores. (**Ver Anexo IV, Tabla N° 43, Pág. XVI, Tabla N° 44, Pág. XVII**), para ejes sencillos y dobles (**Anexo IV, Tabla N° 45, Pág. XVIII**). Conociendo la serviciabilidad final ($P_t=2.0$), el número estructural asumido ($SN=5$) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia.

5.3.3. Cálculo de los ejes equivalentes de diseño (ESAL's).

El eje equivalente ESAL ó W_{18} , se calcula conociendo el tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (LEF), por medio de la **ecuación N° 20, página N° 26**. En base a los datos anteriormente definidos, se procede a la determinación de los ejes equivalente (ESAL'S) para cada eje y tipo de vehículos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 21. Ejes equivalentes para cada eje y tipo de vehículos.

| PERÍODO DE DISEÑO = 20 AÑOS | | SN = 5 | | INDICE DE SERVICIABILIDAD (Pt) = 2.0 | |
|--------------------------------|----------------|------------------------|------------|---|----------------------------------|
| ESAL´s de diseño =TD * LEF | | | | | |
| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso por eje (kips) | TD | Factor LEF | ESAL´s por carril de tránsito |
| Autos | Simple | 2.2 | 402,230.00 | 0.00038 | 152.85 |
| | Simple | 2.2 | | 0.00038 | 152.85 |
| Jeep | Simple | 2.2 | 74,095.00 | 0.00038 | 28.16 |
| | Simple | 2.2 | | 0.00038 | 28.16 |
| Camionetas | Simple | 2.2 | 809,752.50 | 0.00038 | 307.71 |
| | Simple | 4.4 | | 0.0034 | 2,753.16 |
| Mbus < 15 | Simple | 4.4 | 58,217.50 | 0.0034 | 197.94 |
| | Simple | 6.6 | | 0.0993 | 5,781.00 |
| PERÍODO DE DISEÑO = 20 AÑOS | | SN = 5 | | INDICE DE SERVICIABILIDAD (Pt) = 2.0 | |
| ESAL´s de diseño =TD * LEF | | | | | |

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso por eje (kips) | TD | Factor LEF | ESAL's por carril de tránsito |
|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|------------|-------------------------------|
| Mbus > 15 | Simple | 8.8 | 42,340.00 | 0.3346 | 14,166.96 |
| | Simple | 17.6 | | 0.9206 | 38,978.20 |
| Bus | Simple | 11 | 254,040.00 | 0.127 | 32,263.08 |
| | Simple | 22 | | 2.35 | 596,994.00 |
| C2 Liv. | Simple | 9.9 | 238,162.50 | 0.766 | 182,432.48 |
| | Simple | 12.1 | | 0.1822 | 43,393.21 |
| C2+ 5 ton | Simple | 11 | 338,720.00 | 0.127 | 43,017.44 |
| | Simple | 22 | | 2.35 | 795,992.00 |
| C3 | Simple | 11 | 127,020.00 | 0.127 | 16,131.54 |
| | Tándem | 36.3 | | 1.4325 | 181,956.15 |
| TOTAL | | | 2,344,577.50 | | 1,954,726.87 |

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Confiabilidad (R).

El nivel de confiabilidad se obtiene según la clasificación funcional de caminos (Ver Anexo IV, Tabla N° 46, Pág. XIX). Para este diseño se toma una confiabilidad de 85%, por ser una carretera clasificada como colectora ubicada en la zona Urbana.

5.3.5. Desviación estándar.

En el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

| | |
|---------------------------|-------------|
| Para pavimentos flexibles | 0.40 – 0.50 |
| En construcción nueva | 0.35 – 0.40 |
| En sobre – capas | 0.50 |

Para este diseño, se considera una desviación estándar de **S_o= 0.45**.

5.4. Propiedades de los materiales.

5.4.1. CBR de la Subrasante.

El valor de CBR de la sub rasante es el más importante de definir, dado que a través de este se obtendrá el valor del Módulo de Resiliencia (MR) a ser utilizado en el diseño. Existen muchos criterios para seleccionar el CBR adecuado, siendo el más utilizado el del Instituto del Asfalto que recomienda tomar un valor total percentil (**Ver Anexo IV, Tabla N° 47, Pág. XIX**) de los valores individuales obtenidos sean mayores o iguales que él, de acuerdo al tránsito que se espera que circule por el pavimento. En este caso se toma un 87.5% como percentil para la resistencia ya que el total de ejes equivalentes (W18) es de **1, 954,726.87**.

5.4.1.1. Selección del CBR de diseño.

Para seleccionar el CBR de diseño, primero se ordenan los valores de menor a mayor. Para cada valor numérico diferente de CBR, comenzando desde el menor, se calcula el número y el porcentaje de valores de CBR. Luego se dibujan los resultados en un gráfico CBR vs % de valores mayores o iguales.

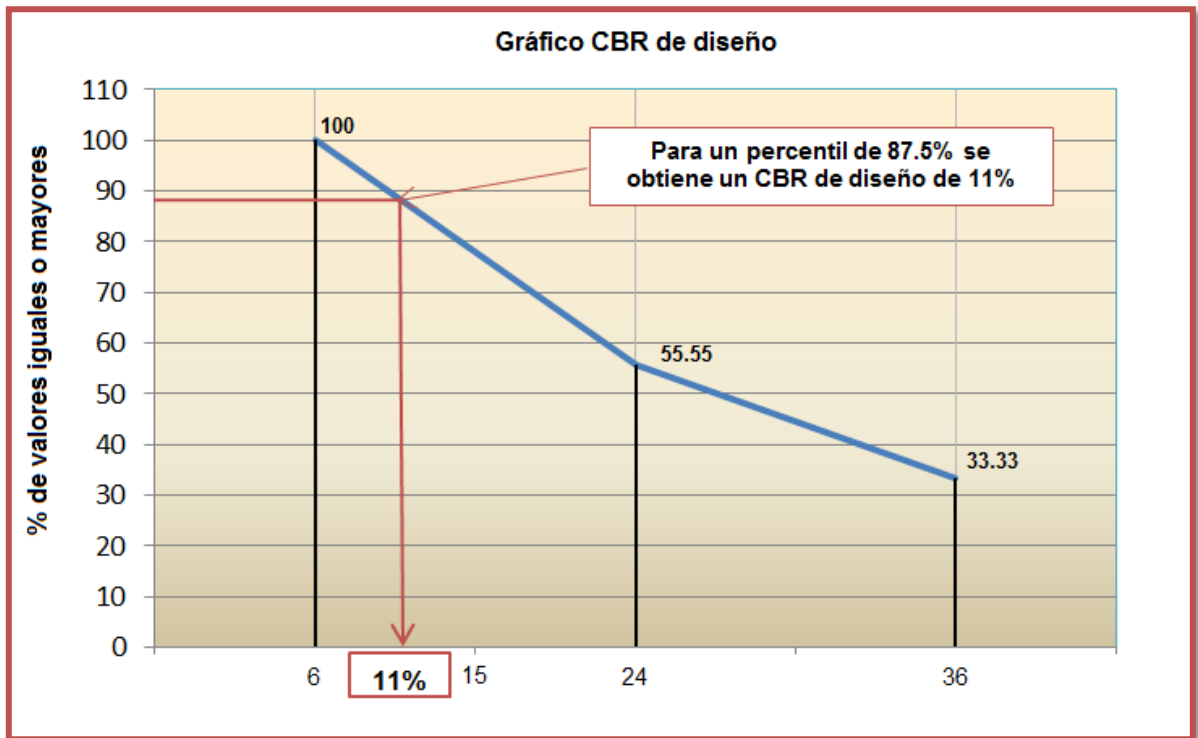
Tabla N° 22. Cálculo del CBR de Diseño.

| Clasificación de suelo. | Valores de CBR (95%). | Frecuencia | No. Valores \geq | Porcentaje \geq |
|-------------------------|-----------------------|------------|--------------------|-------------------|
| A-7-5 / A-7-6 | 6 | 4 | 9 | (9/9) = 100 |
| A- 4 / A-5 | 24 | 2 | 5 | (5/9) = 55.55 |
| A-2-7 | 36 | 3 | 3 | (3/9) = 33.33 |
| Σ | | 9 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a 11% (**Ver figura N° 20**). Este porcentaje refleja una muestra representativa de los valores del CBR encontrados en la línea.

Figura N° 20. CBR de Diseño para la Sub-rasante.



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr).

Para determinar el valor del módulo de Resiliencia se hace en función de los valores del CBR. Se aplica la **ecuación N° 22, página N° 27** para calcular el módulo de resiliencia de la sub-rasante, ya que, el CBR resultante es mayor de 10%.

$$MR \text{ (psi)} = 4326 \times \ln CBR + 241$$

$$MR \text{ (psi)} = 4326 \times (\ln 11) + 241$$

$$M_R = 10,614.30 \text{ PSI}$$

5.5. Coeficiente de drenaje.

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, por medio del coeficiente de drenaje (mi) y considera las capas no ligadas. El

coeficiente de drenaje depende de la capacidad que tiene el material para drenar el agua y del tiempo que pasa expuesto a la saturación. En este caso se considera un coeficiente de drenaje de $m_i = 1$ (**Ver Anexo IV, tabla N° 48, Pág. XIX**).

5.6. Coeficientes de las capas estructurales.

Además del coeficiente de drenaje, existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formarán parte del paquete estructural. El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_i), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. Estos, se representan con la siguiente simbología:

- **a_1** : para la carpeta de rodamiento.
- **a_2** : para la base.
- **a_3** : para la sub-base.

5.6.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a_1 .

El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de **$a_1 = 0.45$** .

5.6.2. Coeficiente estructural para base estabilizada con cemento a_2 .

El valor del coeficiente estructural (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía AASTHO, tomando en cuenta el valor de la resistencia a la compresión simple de material mejorado y ensayado a los 7 días de edad, 21 Kg/cm² corresponde a **$a_2 = 0.1399$** , (**Ver anexo IV, Figura N° 29, Pág. XX**).

Conversión de unidades para el valor de 21 kg/cm², correspondiente a la base estabilizada:

$$\left(21 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) * \left(\frac{2.205 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}\right) * \left(\frac{6.4516 \text{ cm}^2}{1 \text{ pulg}^2}\right) = 298.95 \text{ lb/pulg}^2$$

5.6.3. Coeficiente estructural para sub- base a₃.

Para determinar el valor del coeficiente estructural de capa de sub-base granular (a₃) se toma como parámetro de entrada el valor del CBR de la sub-base, en este caso es de 39.6%, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor de **a₃ = 0.119** y un **Mr =16,700 Psi (Ver anexo IV, Figura N° 30, Pág. XXI).**

5.7. Determinación de espesores y números estructurales aportados.

5.7.1. Número Estructural Calculado.

El diseño de la carretera depende del tráfico esperado durante la vida de servicio y la confiabilidad en el comportamiento. Luego de caracterizar el suelo de la subrasante, seleccionar los valores de confiabilidad (R), para el error estándar (So) y ESAL estimado, se determina el valor del número estructural usando el nomograma de la guía AASHTO 93 **(Ver anexo IV, Figura N° 31, Pág. XXII)** resultando un SN= 3.20.

5.7.2. Determinación de los espesores de la estructura de pavimento.

Para determinar los espesores de las diferentes capas que componen la estructura de pavimento, se deben de considerar criterios de diseño que plantea la norma AASHTO, con la finalidad de obtener un diseño que cumpla con los estándares de calidad que exige.

Para obtener los espesores de las capas del pavimento; la superficie de rodamiento o carpeta y la base de suelo estabilizada con cemento, **la ecuación de diseño utilizada es la N° 23, página N° 28.**

5.7.2.1. Espesor de la carpeta de rodamiento.

Para calcular el número estructural SN_1 se toma en cuenta el espesor de la capa de rodamiento, para este diseño es de 4 pulgadas ($D_1 = 4\text{plg}$), por estar compuesta de adoquín y el coeficiente estructural a_1 anteriormente descrito en el ítem (5.6.1), entonces:

$$SN_1 = 0.45 \text{ pulg} * 4 \text{ pulg}$$

$$SN_1 = 1.80 \text{ pulg.}$$

5.7.2.2. Espesor de la base estabilizada.

Para determinar el espesor de la base, se procede a sustituir valores en la fórmula general para el cálculo del número estructural SN (**Ecuación N° 23, página 28**), despejando el espesor de la capa base (D_2), se tiene lo siguiente:

$$SN_2: \text{Número estructural calculado} = 3.20 \text{ pulg.}$$

$$a_1: \text{Coeficiente de carpeta de adoquín} = 0.45 \text{ pulg.}$$

$$a_2: \text{Coeficiente de base de suelo- cemento} = 0.1399 \text{ pulg.}$$

$$D_1: \text{Espesor del adoquín}^{11} (10 \text{ cm}) = 4 \text{ pulg.}$$

$$D_2: \text{Espesor de la base} = ?$$

$$3.20 \text{ pulg.} = (0.45 \text{ pulg.}) * (4 \text{ pulg.}) + (0.1399 \text{ pulg.}) * (D_2)$$

$$D_2 = \frac{(3.20 \text{ pulg} - 1.8 \text{ pulg})}{(0.1399 * 1.00)}$$

$$D_2 = 10.01 \text{ pulg.}$$

¹¹ Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, sección 7.3.3 (SIECA).

Según la tabla XII de la AASTHO, establece que los espesores mínimos para bases de suelo-cemento por razones constructivas deberá ser de 15 cm, es decir, 5.91 pulgadas, **(Ver anexo IV, Tabla N° 49, Pág. XXIII)**. El espesor de la base calculado (D_2) cumple con esta condición, por tal razón se analiza con un espesor de 10 pulgadas.

5.7.2.3. Espesor de la sub-base.

Cuando se obtiene el espesor de base, es preciso comprobar si el diseño necesita espesor de sub-base.

$$D_3 = \frac{2.80 - 1.40 - 1.80}{0.119 * 1.00} = -3.36$$

El signo negativo para D_3 (espesor de la capa), indica que no es necesario utilizar sub-base en el diseño de la estructura de pavimento. En resumen, la estructura de pavimento articulado más la estructura de la base de suelo-cemento son capaces de transmitir de forma adecuada las cargas procedentes de los ejes que circularan por la vía hasta la subrasante sin ocasionar mayores daños.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinan los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software “Pavement Design & Analysis Life – Cicle Cost Analysis”, creado por Thomas P. Harman M.S.C.F, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO ya que resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño.

El uso del programa es sencillo y solo se necesita introducir los valores de los parámetros de entrada que se muestran en la **(Tabla N° 23)** y proponer los espesores necesarios.

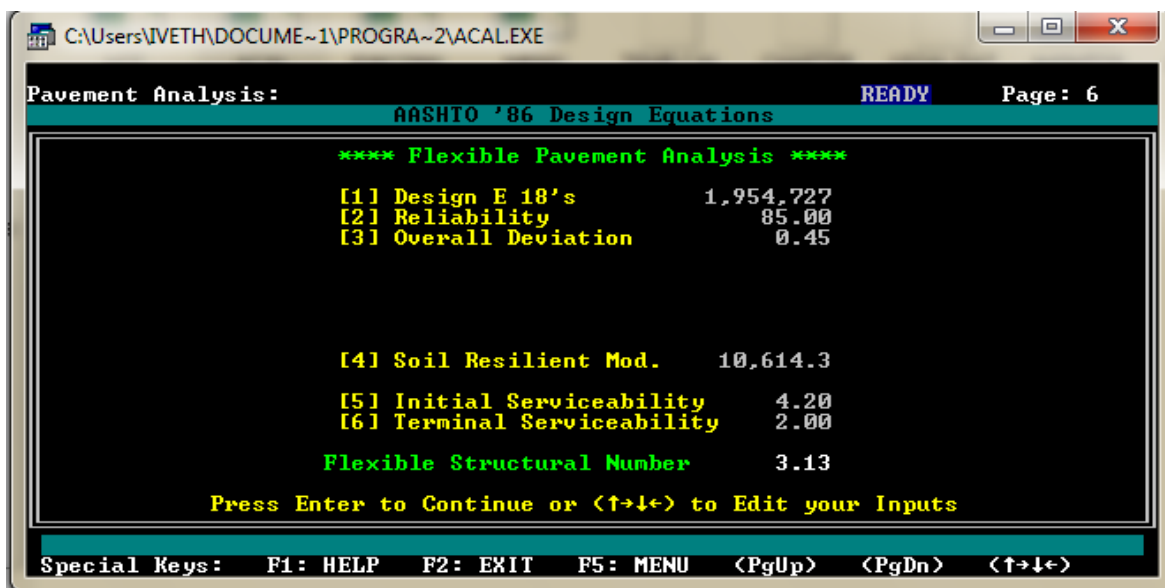
Tabla N° 23. Parámetros de entrada para el programa AASHTO 93.

| | |
|--|--------------|
| ESAL´S | 1,954,726.87 |
| Confiabilidad | 85 |
| Desviación Estándar (So) | 0.45 |
| Módulo de Resiliencia | 10,614.30 |
| Índice de serviciabilidad inicial(Po) | 4.2 |
| Índice de serviciabilidad final (Pt) | 2.0 |
| Coeficiente de Capa a ₁ | 0.45 |
| Coeficiente de Capa a ₂ | 0.1399 |
| Coeficiente de Drenaje (m _i) | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Al introducir los datos anteriores (**Tabla N° 23**) en el software, se obtienen los resultados que se detallan en la (**Figura N° 21**), en donde se obtiene un resultado de un número estructural mínimo requerido de 3.13.

Figura N° 21. Cálculo del número Estructural mínimo requerido.



Fuente: Programa computarizado "Diseño y Análisis de pavimento, de la AASHTO.

Al proponer los espesores en el programa de la AASHTO 93, (Ver Figura N°. 22), podemos apreciar que los resultados cumple con el SN requerido.

Figura N° 22. Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimento.

| Layer Number | Layer Coefficient == a <i> == | Drainage Coefficient == m <i> == | Layer Thickness == t == | a<i>*Cd*t | Thickness Needed |
|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| Upper | 0.45 | 1.00 | 4.00 | 1.80 | |
| 2 | 0.14 | 1.00 | 10.00 | 1.40 | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| | | | | SN Required = 3.13 | <Ok> |

Press [F10] to Clear an Input & <PgDn> to Continue when finished.

Special Keys: F1: HELP F2: EXIT F5: MENU <PgUp> <PgDn> <↑↓>

Fuente: Programa computarizado "Diseño y Análisis de pavimento, de la AASHTO.

5.7.3. Espesores de la estructura de pavimento.

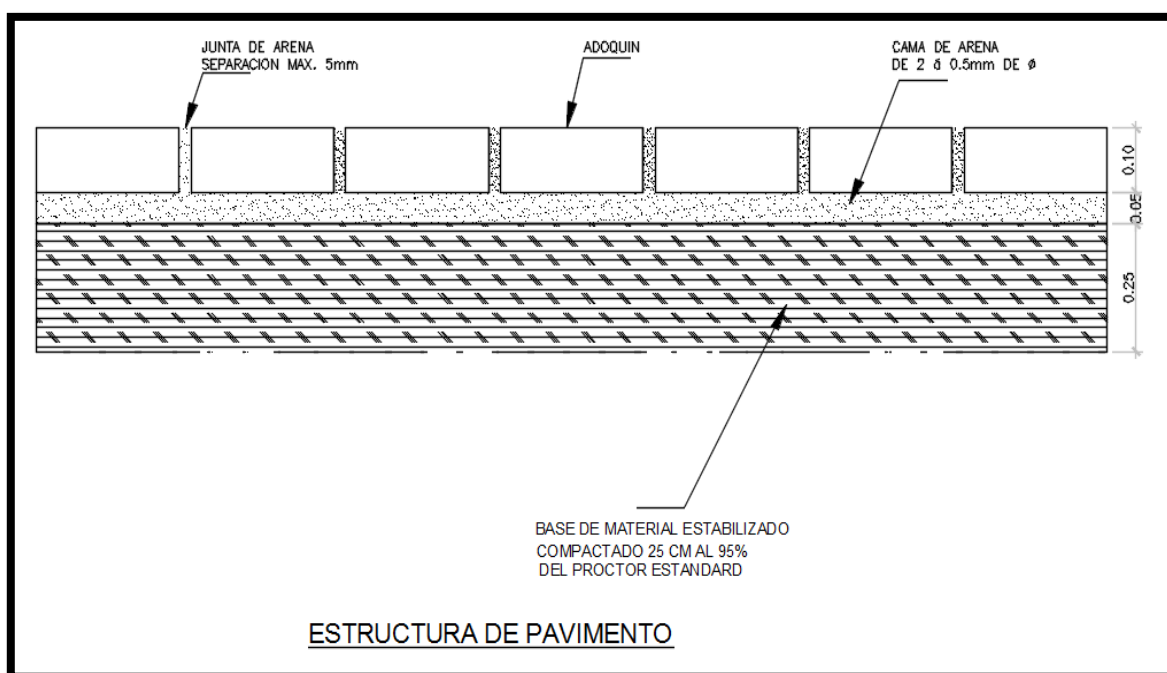
Este trabajo consiste en la construcción de una carpeta compuesta por una base de suelo-cemento, la cama de arena y una superficie de rodadura adoquinada, colocados sobre una superficie preparada. En la siguiente tabla se presenta el resumen de los espesores de pavimento obtenidos para el diseño.

Tabla N° 24. Espesores de Pavimento con Adoquín.

| Capa | Espesor | |
|---------------------------------|-----------|----------|
| Adoquín (carpeta de rodamiento) | 4 Pulg | 10.16 cm |
| Cama de arena para Adoquín | 2 Pulg | 5.08 cm |
| Base estabilizada con cemento | 10.01Pulg | 25.42 cm |
| Total | 16 Pulg | 40.66 cm |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 23. Sección típica.



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN AMBIENTAL.

6.1. Introducción.

Con el fin de valorar las características ambientales del entorno donde se ubica el proyecto, así como los posibles impactos que podría ocasionar e incorporar las medidas de mitigación que se deben cumplir durante su ejecución para minimizar o corregir los potenciales impactos negativos, se realizó la valoración ambiental del Diseño de Pavimento Articulado y Drenaje Menor en el tramo de vía Fábrica PENSA – Barrio Villa Cuba (1.8 KM).

El objetivo del proyecto es mejorar la ruta permitiendo dinamizar el intercambio comercial, promoviendo de esta forma el desarrollo económico, agrícola y social de la zona en estudio.

Según el Decreto N° 76 – 2006, que establece las bases que rigen la Evaluación Ambiental de Proyectos y actividades en el país, de acuerdo a las incidencias ambientales, se encuentra clasificado como proyecto de bajo impacto potencial por lo que no está sujeto a un Estudio de Impacto Ambiental.

En este capítulo se definen el área de influencia (directa e indirecta), su caracterización, se abordan los aspectos del medio físico – natural y los aspectos del medio socio – económico. Luego se identificaron y evaluaron los impactos ambientales sobre el medio durante la etapa de construcción, cuya vida útil ha sido definida en 20 años. Por consiguiente, se formularon las medidas de mitigación de los impactos negativos y potenciación de los impactos positivos.

6.2. Marco legal del proyecto.

En materia ambiental, los instrumentos jurídicos establecidos en Nicaragua tienen por objetivo lograr armonizar los objetivos de desarrollo económico y social del país, con un manejo adecuado del medio ambiente. Para estos fines, se han establecido instrumentos jurídicos que, por un lado, promueven la inversión

privada en todos los sectores de la economía; y por otro lado, procuren la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

El marco legal para la gestión socio-ambiental en Nicaragua, establece pautas claras a tener en cuenta en el diseño y la elaboración de los planes y tienen por objeto lograr un desarrollo económico y social sostenible, compatibles con la conservación del medio ambiente. En este sentido, se mencionan los siguientes:

6.2.1. Leyes constitucionales.

6.2.1.1. Constitución Política de Nicaragua y sus reformas.

La Constitución establece como un derecho de los nicaragüenses poder gozar de un ambiente sano, y el deber del Estado de garantizar la preservación, conservación y de rescate del medio ambiente y de los recursos naturales (Artículo 60). También establece que los recursos naturales son patrimonio nacional y que corresponde al Estado, su preservación y conservación, desarrollo y explotación racional, estableciendo que el Estado podrá celebrar contratos de explotación racional de estos Recursos, cuando el interés nacional así lo requiera (Artículo 102).

6.2.1.2. Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.

La Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley 217) de 1996 y su Reglamento (Decreto No. 9-96), tienen como objetivos particulares, el de fomentar y estimular la educación ambiental como medio para promover una sociedad en armonía con la naturaleza, propiciar un medio ambiente sano que contribuya de la mejor manera a la promoción de la salud y prevención de las enfermedades del pueblo nicaragüense e impulsar e incentivar actividades y programas que tiendan al desarrollo y cumplimiento de la presente Ley.

La Ley General del Ambiente, define instrumentos prácticos para una adecuada gestión ambiental, tales como el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, el ordenamiento ambiental del territorio, la gestión de las áreas protegidas, el Sistema de Información Ambiental, el Fondo Nacional del Ambiente, y la Declaración de Áreas Contaminadas y Emergencias Ambientales, entre otros aspectos.

6.2.1.3. Ley de Municipios.

La Ley N° 40 y 261, “Ley de Municipios” en su artículo 7 inciso 8, refiere que el municipio tendrá entre sus competencias: desarrollar, conservar y controlar el uso racional del medio ambiente y los recursos naturales como base del desarrollo sostenible del Municipio y del país, fomentando iniciativas locales en estas áreas y contribuyendo a su monitoreo, vigilancia y control en coordinación con los entes nacionales correspondientes, y los diferentes órganos municipales.

6.2.1.4. Ley Especial para el uso de Bancos de Materiales Selectos para el Aprovechamiento en la Infraestructura, Ley 730.

Tiene por objeto normar el uso y aprovechamiento racional de los bancos de materiales selectos o bancos de préstamos a nivel nacional aptos para la infraestructura de interés público para el país que no requiera más operación que las de arranque, fragmentación y clasificación. Los recursos no minerales existentes en el suelo y subsuelo del territorio nacional son patrimonio del Estado, quien ejerce sobre ellos dominio absoluto, inalienable e imprescriptible.

6.2.1.5. Ley de aguas nacionales, Ley 620.

La Ley de aguas nacionales, tiene por objeto establecer el marco jurídico institucional para la administración, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento sostenible, equitativo y de preservación en cantidad y calidad de todos los recursos hídricos existentes en el país, sean estos superficiales, subterráneos, residuales y de cualquier otra naturaleza, garantizando a su vez la

protección de los demás recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente. Los objetivos particulares de la Ley, son ordenar y regular la gestión integrada de los recursos hídricos a partir de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas e hidrogeológicas del país y regular el otorgamiento de derechos de usos o aprovechamiento del recurso hídrico y de sus bienes.

6.2.2. Decretos Ejecutivos.

6.2.2.1. Sistema de Evaluación Ambiental, Decreto No. 76-2006.

El Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua, está compuesto por: la Evaluación Ambiental Estratégica y la Evaluación Ambiental de obras, proyectos, industrias y actividades. La Evaluación Ambiental de obras, proyectos, industrias y actividades está compuesta por categorías ambientales, resultados de un tamizado o cribado donde se incluye:

- a) Categoría Ambiental I:** Proyectos, obras, actividades e industrias que son considerados como Proyectos Especiales. Esta categoría es manejada por el MARENA Central en coordinación con las Unidades Ambientales Sectoriales.
- b) Categoría Ambiental II:** Proyectos, obras, actividades e industrias, que en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de Alto Impacto Ambiental Potencial. Esta categoría, al igual que la Categoría I, es manejada por el MARENA Central.
- c) Categoría Ambiental III:** Proyectos, obras, actividades e industrias, que en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de Moderado Impacto Ambiental Potencial. Esta categoría de proyectos, es manejada por las Delegaciones Territoriales del MARENA, en coordinación con las Unidades Ambientales Sectoriales y los Gobiernos Locales.

- d) Los proyectos no considerados en las categorías I, II y III** son proyectos que pueden causar bajos impactos ambientales potenciales, por lo que no están sujetos a un Estudio de Impacto Ambiental.

De conformidad con el arto.25 de la Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, los proponentes deberán presentar el formulario ambiental ante la autoridad municipal correspondiente para la tramitación de la solicitud de su permiso, según los procedimientos establecidos.

6.2.2.2. Reglamento de la Ley Especial para el Uso de Bancos de Materiales Selectos para el Aprovechamiento en la Infraestructura Ley No. 730. Decreto No. 18-2011.

Este Decreto tiene por objeto establecer las disposiciones reglamentarias para la aplicación de la Ley 730, “Ley Especial para el Uso de Bancos de Materiales Selectos para el Aprovechamiento en la Infraestructura”, publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 152 del 11 de agosto de 2011.

6.2.2.3. Reglamento de la Ley 620 “Ley General de Aguas Nacionales”. Decreto No. 44-2010.

Tiene por objeto, establecer el Marco Jurídico para la aplicación de la Ley 620 “Ley General de Aguas Nacionales, publicada en La Gaceta, diario oficial No. 169 del 4 de septiembre de 2007, sin perjuicio de los reglamentos especiales que se dicten al amparo de lo establecido en el artículo 3, segundo párrafo de la referida Ley.

6.2.3. Normativas.

6.2.3.1. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 12 001-00. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes "NIC-2000"

Las Especificaciones NIC-2000 son normativas en la administración y construcción de obras viales y deben ser incorporadas al Contrato. Las NIC-2000 contiene disposiciones técnicas básicas para proteger el Medio Ambiente y los Recursos Naturales en la construcción de vías, que todo contratista tiene la obligación de cumplir, y se complementan con las Normas Ambientales Básicas para la Construcción Vial (NABCV), puestas en vigencia por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

6.2.3.2. Norma Técnica Ambiental para el Aprovechamiento de los Bancos de Material de Préstamo para la Construcción, NTON 05 016 2002.

Establece los criterios y especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente, durante el aprovechamiento de los bancos de materiales de construcción, también conocidos como bancos de préstamo. Esta norma establece la obligación de los interesados que requieran utilizar un Banco de materiales, de aplicar una solicitud de aprovechamiento ante la autoridad competente, y obtener el permiso de concesión para su aprovechamiento y cumplir con lo establecido en la ley 387 y su reglamento. Así mismo, se debe obtener una autorización ambiental emitido por MARENA, antes de proceder a desarrollar las actividades de aprovechamiento.

6.2.3.3. Norma técnica obligatoria nicaragüense ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos, NTON 05 014-02.

Esta norma tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse en la ejecución de proyectos y actividades de manejo,

tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente. También establece, que el servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, estará a cargo de las municipalidades. En los casos que la municipalidad no preste el servicio de recolección, transporte y tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos a las empresas constructoras y a todo el que realice obras de construcción, estas deberán realizar su propio manejo, vía directa o a través de contratación. Las Empresas constructoras y el que realice alguna obra de construcción para dicho manejo deberá contar con el permiso de la municipalidad. La Municipalidad debe ejercer estricta vigilancia en el cumplimiento de las actividades propias del manejo de los desechos.

6.2.3.4. Norma técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos, NTON No. 05 015-02.

La norma técnica establece los criterios a seguir para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos, así como las disposiciones para la recolección y transporte de los mismos.

6.3. Descripción del proyecto.

6.3.1. Aspectos Generales.

El Proyecto consiste en la pavimentación con adoquines del tramo Fábrica Pensa – Barrio Villa cuba, en una longitud de 1.8 kilómetros. Dentro de los conceptos de obra del proyecto se definen los siguientes grupos de actividades y son:

6.3.1.1. Limpieza Inicial.

En esta etapa se requiere la limpieza del área del proyecto, lo que incluirá el retiro de basura, escombros que no sean utilizables en las operaciones. Esta actividad genera ruido, polvo, y produce desechos de los que hay que disponer de manera adecuada.

6.3.1.2. Movimiento de tierra.

En cuanto al movimiento de tierra en la vía, incluirá las excavaciones, cortes requeridos para la nivelación del terreno y rellenos que se hará del banco de materiales propuesto anteriormente en este trabajo.

6.3.1.3. Drenaje Menor.

Estos trabajos comprenden el revestimiento de cunetas de concreto simple a ambos lados de la calle y la construcción de un vado, para conducir el agua producto de las lluvias.

6.3.1.4. Explotación del Banco de Materiales.

El banco de préstamo a utilizarse ha sido explotado y/o se encuentra en uso actualmente, por lo que no fue necesario extraer muestras, ya que, en el año 2011 el dueño¹² le realizó un estudio geotécnico para conocer su estratigrafía cumpliendo con ciertas condiciones propuestas en la Norma del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI – NIC 2000),.

6.3.2. Etapa de construcción.

6.3.2.1. Requerimientos Energéticos.

Para la etapa de construcción se requiere el uso de maquinaria pesada y maquinarias industriales en los procesos de producción de materia prima para ejecutar el proyecto. Los costos de operación de las maquinarias son elevados debido a los elevados requerimientos de hidrocarburos para mantener a los equipos funcionando adecuadamente.

6.3.2.2. Maquinarias y Equipos para el proyecto.

Se requiere para la ejecución del proyecto contar con un módulo básico de construcción, compuesto por: motoniveladora, compactadora, retroexcavadora, volquetes, cisterna, mezcladora de concreto y otros.

¹² Ing. Eduardo Blanco, propietario del Banco de Materiales “El Diamante”, Estelí.

6.4. Área de influencia del proyecto.

6.4.1. Medio abiótico.

6.4.1.1. Suelos.

6.4.1.2. Topografía y Relieve.

El área de influencia tiene una variación de altura desde los 843.00 msnm¹³ hasta 866.00 msnm. Es un territorio muy accidentado topográficamente, es ondulado con elevaciones montañosas y mesetas de considerable altura, caracterizado por un relieve que representa las primeras etapas del proceso erosivo efectuado principalmente en las mesetas, lomas y cuestas. Es una topografía irregular, con pendientes que varían entre 0.50% – 7.70%.

6.4.1.3. Temperatura, precipitación, velocidad y dirección predominante del viento.

Con temperaturas que oscilan entre los 25°C y los 28°C, con una humedad más baja en comparación a otras zonas del país. A la falta de uniformidad del relieve corresponde una falta de uniformidad climatológica que se caracteriza por una distribución irregular de las lluvias, vientos en diferentes direcciones, altas y bajas temperaturas, lo que da lugar a que se desarrollen zonas de microclimas en orden de importancia.

6.4.2. Medio Biótico.

6.4.2.1. Descripción Flora y Fauna.

La vegetación es escasa, sabanera y achaparrada con algunas manchas de bosques de coníferas, (Pinus oocarpa). Las formaciones vegetales son tres: húmedo, fresco húmedo y pluviselva. Cuenta con una riqueza natural entre las cuales se encuentran impresionantes cascadas, reservas naturales y vestigios arqueológicos precolombinos.

¹³ Msnm: metros sobre el nivel del mar.

Respecto a la fauna del área de influencia, ha disminuido en las últimas décadas por el mal manejo de los habitantes, aunque todavía se encuentran algunas especies de reptiles. Predominan los animales de tipo domésticos (perros y gatos) o productivos (ganado vacuno).

6.4.2.2. Medio Socioeconómico.

En el área de influencia directa e indirecta presenta una variada actividad agrícola y comercial, la agricultura consiste principalmente de granos básicos, hortalizas, tabaco, cultivo de papas, tomate y repollo. El aprovechamiento de los pastos es utilizado para la ganadería.

6.5. Calidad ambiental del área de influencia del proyecto.

6.5.1. Límites del Área de Influencia.

6.5.1.1. Área Directamente Afectada.

El sector directamente afectado por el proyecto son los barrios Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba correspondientes a una extensión de 1,800 metros lineales. Los problemas principales se producen por el arroyamiento y la socavación en las estructuras de las calles, provocando el corte del paso vehicular.

6.5.1.2. Área de Influencia Directa.

Se considera un radio de 500 m alrededor del área directamente afectada por el proyecto, y se considera como el espacio que recibe los impactos de las actividades del proyecto (ruidos, generación de polvo, vibraciones, etc.).

En este perímetro se encuentran viviendas urbanas, un tanque de almacenamiento de agua potable para abastecer la población de la zona, terrenos circundantes, edificaciones.

6.5.1.3. Área de Influencia Indirecta.

Existe una sola vía hacia Villa Cuba, es la única que tiene acceso de vehículos de transporte privado o colectivo y se verá afectada por el incremento del flujo vehicular.

6.6. Manejo y disposición de desechos sólidos.

6.6.1. Desechos Sólidos.

6.6.1.1. Tipo y cantidad.

Entre los desechos sólidos que se generarán en la etapa de construcción, se pueden mencionar los siguientes: restos de comida, papel, plásticos, envases, bloques de concreto, madera, escombros, restos de plantas, otros. En la etapa de funcionamiento se pueden mencionar los siguientes: papel, arena, entre otros.

6.6.1.2. Manejo y Disposición de Desechos Sólidos.

El manejo de los desechos sólidos por las actividades de construcción se debe manejar conforme a lo establecido en la Nic-2000 (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Julio 1999), regarse constantemente los lugares de corte, nivelación y escarificación de terreno, reduciendo la contaminación atmosférica por la propagación del polvo.

6.6.2. Desechos Líquidos y Gaseosos.

6.6.2.1. Tipo y Cantidad.

Entre los desechos líquidos generados por la ejecución de la obra se encuentran principalmente:

- ✓ Derramamiento de productos derivados del petróleo (diesel y aceites).
- ✓ Lechadas de las mezclas de concreto.

Entre los gaseosos podemos destacar:

- ✓ La emisión de gases contaminantes por los equipos y maquinarias que funcionan a base de hidrocarburos.
- ✓ En el funcionamiento casi se pueden considerar los mismos contribuyentes, esto se debe a que en el sector transporte existe un alto índice de contaminación por emisiones de gases.

6.6.2.2. Manejo y Disposición final.

Los desechos líquidos y gaseosos provenientes de la construcción y el funcionamiento de la obra difícilmente se podrían recolectar para darles la adecuada disposición final. Es necesario el cumplimiento de las normas de funcionamiento y estado de los vehículos que van a ser operados en el sector, se debe cumplir todos los requisitos del mantenimiento y control de emisiones para evitar mayor contaminación.

6.7. Identificación, Predicción y Evaluación de los Impactos Ambientales.

6.7.1. Metodología para la Evaluación de Impactos.

La siguiente fase es la recolección de información acerca del proyecto y del medio afectado (encontrar factores a analizar y definir el ámbito de trabajo con precisión). Posteriormente se procede a la valoración del inventario realizado y al cruce de impactos con elementos del medio afectado implicados (matrices).

La Valoración Ambiental se basa en el análisis de interacción entre el proyecto, considerando las actividades a desarrollar, las condiciones que presentan los componentes del ambiente físico, biológico y social en que se insertará.

6.7.1.1. Descripción de los Problemas de Drenaje en el Tramo.

Actualmente la carretera se puede considerar de todo tiempo, excepto porque existen algunos puntos que, durante los inviernos con precipitación frecuente y fuerte, sufren inundación deteriorándola aún más. Posteriormente, el revestimiento de la carretera pierde consistencia y las llantas de los vehículos pesados dejan huellas que se profundizan. Es importante mencionar que no existen cunetas en ningún lado de la carretera.

6.7.1.2. Identificación y valoración de los impactos ambientales.

- ✓ Irreversible: Es aquel impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea base original.
- ✓ Temporal: Es aquel impacto cuya magnitud no genera mayores afectaciones y permite al medio recuperarse en el corto plazo a su línea base original.
- ✓ Reversible: Cuando el medio puede recuperarse a través del tiempo, ya sea a corto, mediano o largo plazo, no necesariamente a la línea base original.
- ✓ Persistente: Se produce por acciones al medio que son de influencia a largo plazo, y que se mantienen a través de tiempo.

Se seleccionó e implementó un método basado en indicadores, índices e integración de la evaluación. Se han identificado los impactos positivos y negativos derivados de diferentes actividades del proyecto, se pueden prever los impactos a través de la simulación con el proyecto, especialmente para impactos directos, indirectos y riesgos inducidos en el medio. Las acciones principales que se evalúan en este estudio determinan básicamente las afectaciones producidas por acciones que modifican el uso de suelo, emisión de contaminantes, sobreexplotación de recursos, medio biótico, deterioro del paisaje, acciones sobre infraestructuras y las que modifican el entorno social, económico y cultural.

Una vez identificadas estas acciones se realiza la matriz de importancia que permite obtener la valoración al nivel requerido, así se determina la naturaleza del impacto, intensidad (grado de daño), extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia (regularidad de manifestación), acumulación, efecto, periodicidad, recuperabilidad.

Para obtener un valor cuantitativo de la importancia de impacto se utilizó la siguiente expresión, se asignan los valores a cada situación según sus atributos:

$$I = +/-(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Dónde:

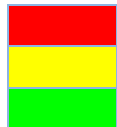
| | | | |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| I: Intensidad | PE: Persistencia | AC: Acumulación | |
| EX: Extensión | RV: Reversibilidad | EF: Efecto | MC: Recuperabilidad |
| MO: Momento | SI: Sinergia | PR: Periodicidad | |

Tabla N° 25. Características cualitativas de los efectos.

| I M P A C T O S | | VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS | | | | | | | | | | | | | | M002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|---|-------|------|----------|-------|---------|----|----|----|----|----|-------------|-------------|-----------|-------|----------|------------|------------------------|------------------------|---------------|-----------------------|-----------|-------------|----------|--------|--------|---------|-----------|-------------------------|-----------|----------|--------|-------|------|--------|-------|---|---|-----------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS NEGATIVOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Impacto perjudicial | (-) | Baja | Media | Alta | Muy alta | Total | Puntual | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | Largo plazo | Medio plazo | Inmediato | Fugaz | Temporal | Permanente | Recuperable a c. Plazo | Recuperable a m. plazo | Irrecuperable | Simple (sin sinergia) | Sinérgico | Acumulativo | Probable | Dudoso | Cierto | Directo | Indirecto | Irregular y discontinuo | Periódico | Continuo | Mínima | Media | Alta | Máxima | Total | Importancia [I= - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)] | | Valor Máximo de Importancia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | S | S | S | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Naturaleza | Signo | I | Ex | Mo | Pr | Rv | Ac | Pb | Ef | Pr | PS | S | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intensidad (grado de destrucción) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior (**Ver tabla N°25.**), se pueden clasificar los impactos de la siguiente manera:

| | | |
|---|-----------------------|------------------------|
|  | | Valor del impacto (VI) |
| | Impactos Críticos | $VI > 43$ |
| | Impactos Moderados | $28 < VI < 43$ |
| | Impactos Irrelevantes | $VI \leq 28$ |

Cuando se establece la Línea de Base Ambiental del área de influencia se procede en el mismo tiempo a determinar su calidad ambiental para efectos de establecer los problemas ambientales existentes antes del proyecto y no cargarle al proyecto situaciones que ya existían.

6.7.1.3. Matriz para Valoración de Atributos Ambientales.

La matriz para la valoración de atributos ambientales permite reflejar una relación Causa-Efecto entre las actividades del proyecto y los componentes del medio, de manera que se identifican los efectos directos e indirectos, positivos y negativos que el proyecto genera.

Los efectos identificados se describen con el mayor nivel de precisión posible en dos columnas definidas para tal fin en esta matriz atendiendo a los datos que se cuentan, producto del conocimiento de los impactos que típicamente generan las actividades de proyectos previamente estudiados, o por el análisis de las implicaciones ambientales que este proyecto en particular genera sobre los componentes ambientales según el estado en que estos se presentan, tal como se describió anteriormente.

Tabla N° 26. Identificación de Impactos Negativos durante la etapa de construcción del proyecto.

| Matriz Causa -Efecto de Impactos Negativos. | | | | | | | | M001 |
|--|-----|------------------------------------|-------------------|--|--|---------------------------------|----------------|------|
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO | | Etapa: Construcción. | | | | | | |
| | | Acciones impactantes del proyecto. | | | | | | |
| | | Obras Preliminares | Corte de material | Transporte de relleno y compactación de materiales | Movilización y desmovilización de maquinaria | Construcción de cunetas y vados | Limpieza Final | |
| Factor | COD | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | |
| CLIMA | M1 | | X | | | | | |
| CALIDAD DEL AIRE | M2 | X | X | X | X | X | X | |
| RUIDOS Y VIBRACIONES | M3 | X | X | X | X | X | X | |
| GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA | M4 | X | X | | | | | |
| HIDROLOGIA SUPERFICIAL | M5 | | X | X | | X | | |
| SUELO | M6 | X | X | | | | | |
| VEGETACIÓN | M7 | X | X | | | | | |
| FAUNA | M8 | | | | | | | |
| PAISAJE | M9 | | X | | | X | | |
| RELACIONES ECOLÓGICAS | M10 | | X | | | | | |
| SISTEMA DE ASENTAMIENTO | M11 | | | | | | | |
| TRANSPORTE Y VIALIDAD | M12 | | X | X | X | | X | |
| ACUEDUCTO | M13 | | | | | | | |
| ALCANTARILLADO | M14 | | | | | X | | |
| TRATAMIENTO DES. SÓLIDOS | M15 | | | | | | | |
| HABITAT HUMANO | M16 | | | | | | | |
| ESPACIOS PÚBLICOS | M17 | | | | | | | |
| PAISAJE URBANO | M18 | | | X | | X | | |
| EQUIPAMIENTO DE SERVICIO | M19 | | | | | | | |
| REGULACIONES URB. Y ARQ. | M20 | | | X | | | | |
| SALUD | M21 | | X | X | X | X | X | |
| CALIDAD DE VIDA | M22 | | | | | X | | |
| FACTORES SOCIOCULTURALES | M23 | | | | | | | |
| VULNERABILIDAD | M24 | | | X | | | | |
| ECONOMIA | M25 | | | | | | | |
| RELACIONES DEPENDENCIA | M26 | | | X | | | | |
| FUENTES ENERGÉTICAS | M27 | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 27. Matriz Causa - Efecto de Impactos Negativos.

| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS | | | | | | | | | | M003 | |
|--|-----|------------------------------------|-------------------|--|--|--------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|--|
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO | | Etapa: Construcción | | | | | | | | | |
| | | Acciones Impactantes del proyecto. | | | | | | | | | |
| | | Obras Preliminares | Corte de Material | Transporte de Relleno y Compactación de materiales | Movilización y Desmovilización de Maquinaria | Construcción de Cunetas y Vado | Limpieza Final | Valor de la Alteración | Máximo valor de la alteración | Grado de Alteración | |
| Factor | COD | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | | | | |
| CLIMA | M1 | | | | | | | 0 | -500 | 0 | |
| CALIDAD DEL AIRE | M2 | -20 | -23 | -23 | -23 | -23 | -23 | -135 | -600 | 23 | |
| RUIDOS Y VIBRACIONES | M3 | -21 | -26 | -26 | -24 | | | -97 | -600 | 16 | |
| GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA | M4 | -22 | -31 | | | | | -53 | -300 | 18 | |
| HIDROLOGIA SUPERFICIAL | M5 | | | | | -26 | | -26 | -300 | 9 | |
| SUELO | M6 | -24 | -37 | -34 | | -26 | | -121 | -700 | 17 | |
| VEGETACION | M7 | -32 | -32 | | | -30 | | -94 | -200 | 47 | |
| FAUNA | M8 | | | | | | | 0 | -200 | 0 | |
| PAISAJE | M9 | | -30 | | | | | -30 | -200 | 15 | |
| RELACIONES ECOLOGICAS | M10 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | |
| SISTEMA DE ASENTAMIENTO | M11 | | | | | | | 0 | -100 | 0 | |
| TRANSPORTE Y VIALIDAD | M12 | | -28 | -29 | -30 | | -25 | -112 | -600 | 19 | |
| ACUEDUCTO | M13 | | | | | | | 0 | -100 | 0 | |
| ALCANTARILLADO | M14 | | | | | | | 0 | -100 | 0 | |
| TRATAMIENTO DES. SOLIDOS | M15 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | |
| HABITAT HUMANO | M16 | | | | | | | 0 | -300 | 0 | |
| ESPACIOS PUBLICOS | M17 | | | | | -26 | | -26 | 0 | 0 | |
| PAISAJE URBANO | M18 | | | -27 | | | | -27 | 0 | 0 | |
| EQUIPAMIENTO DE SERVICIO | M19 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | |
| REGULACIONES URB. Y ARQ. | M20 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | |
| SALUD | M21 | | -35 | -24 | -24 | -30 | -24 | -137 | -700 | 20 | |
| CALIDAD DE VIDA | M22 | | | | | | | 0 | -600 | 0 | |
| FACTORES SOCIOCULTURALES | M23 | | | | | | | 0 | -500 | 0 | |
| VULNERABILIDAD | M24 | | | -30 | -25 | -24 | | -79 | 0 | 0 | |
| ECONOMIA | M25 | | | | | | | 0 | -200 | 0 | |
| RELACIONES DEPENDENCIA | M26 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | |
| FUENTES ENERGETICAS | M27 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | |
| Valor Medio de Importancia | | -27 | | | | | | | | | |
| Dispersión Típica | | 4 | | | | | | | | | |
| Rango de Discriminación | | -23 | | | | | | -31 | | | |
| Valor de la Alteración | | -119 | -242 | -193 | -126 | -185 | -72 | -937 | | | |
| Máximo Valor de Alteración | | -1600 | -500 | -900 | -800 | -1100 | -1400 | | -6800 | | |
| Grado de Alteración | | 7 | 48 | 21 | 16 | 17 | 5 | | | 14 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 28. Identificación de Impactos Positivos durante la etapa de construcción del proyecto.

| Matriz Causa -Efecto de Impactos Positivos. M001 | | | | | | | |
|--|-----|------------------------------------|------------------------------------|--|--|---------------------------------|----------------|
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO | | Etapa: Construcción. | | | | | |
| | | Acciones impactantes del proyecto. | | | | | |
| | | Obras Preliminares | Corte de material y escarificación | Transporte de relleno y compactación de materiales | Movilización y desmovilización de maquinaria | Construcción de cunetas y vados | Limpieza Final |
| Factor | COD | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
| CLIMA | M1 | | | | | | |
| CALIDAD DEL AIRE | M2 | | | | | | |
| RUIDOS Y VIBRACIONES | M3 | | | | | | |
| GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA | M4 | | | X | | | |
| HIDROLOGIA SUPERFICIAL | M5 | | | X | | X | X |
| SUELO | M6 | | | | | | |
| VEGETACIÓN | M7 | | | | | | |
| FAUNA | M8 | | | | | | |
| PAISAJE | M9 | | | | | | |
| RELACIONES ECOLÓGICAS | M10 | | | | | | |
| SISTEMA DE ASENTAMIENTO | M11 | | | | | | |
| TRANSPORTE Y VIALIDAD | M12 | | | X | | X | |
| ACUEDUCTO | M13 | | | | | | |
| ALCANTARILLADO | M14 | | | | | | |
| TRATAMIENTO DES. SÓLIDOS | M15 | | | | | | |
| HABITAT HUMANO | M16 | | | | | X | |
| ESPACIOS PÚBLICOS | M17 | | | | | | |
| PAISAJE URBANO | M18 | | | X | | X | X |
| EQUIPAMIENTO DE SERVICIO | M19 | | | | | | |
| REGULACIONES URB. Y ARQ. | M20 | | | | | X | |
| SALUD | M21 | | | | | | |
| CALIDAD DE VIDA | M22 | X | | X | | X | X |
| FACTORES SOCIOCULTURALES | M23 | | | | | | |
| VULNERABILIDAD | M24 | | | | | | |
| ECONOMÍA | M25 | | | | X | X | X |
| RELACIONES DEPENDENCIA | M26 | | | | | | |
| FUENTES ENERGÉTICAS | M27 | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 29. Matriz Causa - Efecto de Impactos Positivos.

| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS | | | | | | | | | | M003 |
|--|-----|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO | | ETAPA: CONSTRUCCIÓN | | | | | | | | |
| | | ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO | | | | | | | | |
| | | Obras Preliminares | Corte de Material | Transporte de Relleno y Compactación | Movilización y Desmovilización de Maquinaria | Construcción de Cunetas y Vado | Limpieza Final | Valor de Alteración | Máximo valor de la alteración | Grado de Alteración |
| FACTOR | COD | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | | | |
| CLIMA | M1 | | | | | | | 0 | 500 | 0 |
| CALIDAD DEL AIRE | M2 | | | | | | | 0 | 600 | 0 |
| RUIDOS Y VIBRACIONES | M3 | | | | | | | 0 | 600 | 0 |
| GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA | M4 | | | 35 | | | | 35 | 300 | 12 |
| HIDROLOGIA SUPERFICIAL | M5 | | | 33 | | 57 | 43 | 133 | 300 | 44 |
| SUELO | M6 | | | | | | | 0 | 700 | 0 |
| VEGETACION | M7 | | | | | | | 0 | 200 | 0 |
| FAUNA | M8 | | | | | | | 0 | 200 | 0 |
| PAISAJE | M9 | | | | | | | 0 | 200 | 0 |
| RELACIONES ECOLOGICAS | M10 | | | | | | | 0 | 0 | 0 |
| SISTEMA DE ASENTAMIENTO | M11 | | | | | | | 0 | 100 | 0 |
| TRANSPORTE Y VIALIDAD | M12 | | | 47 | | 48 | | 95 | 600 | 16 |
| ACUEDUCTO | M13 | | | | | | | 0 | 100 | 0 |
| ALCANTARILLADO | M14 | | | | | | | 0 | 100 | 0 |
| TRATAMIENTO DES. SOLIDOS | M15 | | | | | | | 0 | 0 | 0 |
| HABITAT HUMANO | M16 | | | | | 40 | | 40 | 300 | 13 |
| ESPACIOS PUBLICOS | M17 | | | | | | | 0 | 0 | 0 |
| PAISAJE URBANO | M18 | | | 43 | | 43 | 42 | 128 | 0 | 0 |
| EQUIPAMIENTO DE SERVICIO | M19 | | | | | | | 0 | 0 | 0 |
| REGULACIONES URB. Y ARQ. | M20 | | | | | 44 | | 44 | 0 | 0 |
| SALUD | M21 | | | | | | | 0 | 700 | 0 |
| CALIDAD DE VIDA | M22 | 37 | | 43 | | 41 | 43 | 164 | 600 | 27 |
| FACTORES SOCIOCULTURALES | M23 | | | | | | | 0 | 500 | 0 |
| VULNERABILIDAD | M24 | | | | | | | 0 | 0 | 0 |
| ECONOMIA | M25 | | | | 37 | | 43 | 80 | 200 | 40 |
| RELACIONES DEPENDENCIA | M26 | | | | | | | 0 | 0 | 0 |
| FUENTES ENERGETICAS | M27 | | | | | | | 0 | 0 | 0 |
| Valor Medio de Importancia | | 42 | | | | | | | | |
| Dispersión Típica | | 5 | | | | | | | | |
| Rango de Discriminación | | 48 | | | | | | 37 | | |
| Valor de la Alteración | | 37 | 0 | 201 | 37 | 273 | 171 | 719 | | |
| Máximo Valor de Alteración | | -1600 | -500 | -900 | -800 | -1100 | -1400 | | 6800 | |
| Grado de Alteración | | -2 | 0 | -22 | -5 | -25 | -12 | | | 11 |

Tabla N° 30. Resumen de los Impactos Ambientales Negativos Generados por el restablecimiento de la red vial.

| Evaluación de Impactos Negativos. | | | |
|-----------------------------------|-----------|--------------|---------|
| Críticos | Moderados | Irrelevantes | Total |
| 0 | 12 | 23 | 35 |
| 0.00% | 34.29% | 65.71% | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla de resumen, el proyecto no generará impactos críticos o altamente relevantes, el 65.71% corresponden impactos irrelevantes o pocos significativos y el 34.29% son impactos moderados, es decir deberán tomarse en consideración.

Tabla N° 31. Resumen de los Impactos Ambientales Positivos Generados por el restablecimiento de la red vial.

| Evaluación de Impactos Positivos. | | | |
|-----------------------------------|-----------|--------------|---------|
| Críticos | Moderados | Irrelevantes | Total |
| 4 | 13 | 0 | 17 |
| 23.53% | 76.47% | 0.00% | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla de resumen, el 23.53% de los impactos totales son relevantes o significativos, el 76.47% son moderados, es decir, deberán tomarse en consideración.

Conclusiones.

1. Del diseño general.

El diseño de pavimento articulado, cumple con las normas y criterios que establece la AASHTO 93, así mismo cumple con las normas nacionales establecidas en la NIC-2000 y con las normas SIECA.

2. Estudio Geotécnico.

Se realizaron 9 sondeos manuales a lo largo del tramo, con separación entre ellos de 225 m. Se ubicó un banco de material conocido como El Diamante, localizado a 6 km de la zona del proyecto, este no cumple con las especificaciones de la NIC-2000 para la conformación de la capa base, por lo que tendrá que ser estabilizado con cemento para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

3. Estudio de Tránsito.

El factor de ajuste utilizado fue el de la estación Estelí-Rodeo Grande No 121, se obtuvo un TPDA de 504 vehículos. Para determinar la Tasa Anual de Crecimiento a ser empleada, se analizaron las estadísticas nacionales del Producto Interno Bruto, el crecimiento del tránsito en la estación permanente 107 y el crecimiento de la población. A partir del análisis de estas variables se obtuvo una tasa de crecimiento del 3.75%, tomando en cuenta un periodo de diseño de 20 años estimando un tránsito de diseño de 2, 662,127.50 vehículos.

4. Estudio Hidrológico.

En el análisis hidrológico, se determinaron las intensidades de precipitación para cada sub cuenca así como sus características hidrometeorológicas para conocer el caudal de diseño a drenar a través del uso de cunetas y vados, todo esto aplicando el Método Racional utilizando la estación meteorológica Valle Santa

Cruz Estelí. El diseño hidráulico, se realizó a partir de los caudales de diseño de cada sub cuenca con la ayuda del software Hcanales.

5. Diseño de Pavimento.

El diseño de la estructura de pavimento cumplirá estructuralmente a los esfuerzos que será sometido; estará compuesta por una capa de rodadura de adoquín de concreto de 3500 PSI, con un espesor estándar de 4 pulgadas, este mismo descansara sobre una cama de arena de 2 pulgadas, una base estabilizada al 4.3% compuesta de suelo-cemento de 10 pulgadas, la capa sub-base no se empleará, debido a que, resulta en un valor negativo.

6. Estudio de Impacto Ambiental.

El proyecto no generará impactos potenciales, solo afectaciones como ruido y polvo en los sectores aledaños al proyecto.

Recomendaciones.

1. La mezcla de material en la línea con suelo-cemento se debe realizar libre de cualquier partícula contaminante y en las dosificaciones adecuadas para lograr un material homogéneo que cumpla con la resistencia para la cual se ha diseñado.
2. El material de base de Suelo-Cemento deberá compactarse al 95% de su densidad máxima Proctor Estándar (AASHTO 7-99).
3. Verificar que la calidad de los materiales es la determinada en el diseño, que cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia propuestas en las Normas Nic- 2000.
4. Efectuar la debida supervisión durante el período de construcción, principalmente en la estabilización de los materiales y en el cumplimiento de los espesores de diseño de las capas estructurales y las dimensiones de las estructuras de drenaje menor.

Bibliografía.

AASHTO. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edición). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.

Bervis, I. E. (2004). Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje menor en Caminos Rurales.

DICTUC. (2002). Guía de Diseño Estructural de Pavimentos. Chile.

Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de Carreteras Regionales (Vol. 2). (2004).

MTI. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de drenaje menor.

MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

MTI. (2009). Anuario de Aforos de Tráfico . Managua.

NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

SIECA. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.